

**Simulación del ensamblaje de botonera para mejora del método con Risk Simulator en laboratorio de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017**

**Simulation of the keypad assembly to improve the method with Risk Simulator in the Industrial Engineering laboratory. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. Huacho, 2017**

**Simulação do conjunto do teclado para melhorar o método com o Risk Simulator no laboratório de Engenharia Industrial. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. Huacho, 2017**

Jefferson Josafat Saavedra Rosas<sup>(1)</sup>; Jose Flavio Córdor Ayala<sup>(1)</sup>; Consuelo Nicol Echegaray Ayala<sup>(1)</sup>; José Mauricio Huamán Arones<sup>(1)</sup>; Sol Julissa Pacheco Milla<sup>(1)</sup>; Kenyi Alberto Valenzuela Crispín<sup>(1)</sup>; José Augusto Arias Pittman<sup>(2)</sup>; Jaime Eduardo Gutiérrez Ascón<sup>(3)</sup>.

**Fecha de recepción:** 13 de noviembre de 2017 **Fecha de aprobación:** 24 de mayo de 2018

## Resumen

**Introducción:** El objetivo de la presente investigación es demostrar con la simulación del ensamblaje de una botonera la mejora del método del proceso, con Risk Simulator. Se planteó como variable independiente el ensamblaje, que consiste en la unión de dos a más objetos por ajustes, adaptación o encajamiento y como variable dependiente la mejora de métodos, como procedimiento establecido en el cual se emplean las herramientas de manera sistemática. Material y métodos: El diseño de esta investigación es de tipo experimental ya que se basa en la descripción de variables que se interrelacionan en un momento dado, también es aplicada porque lleva a la práctica conocimientos ya adquiridos. Los datos obtenidos de la toma de tiempo de los 30 casos de ensamblaje de la botonera se procesaron a través de hoja de cálculo Excel y la redacción se realizó utilizando un procesador de texto como el Microsoft Word, también se utilizó el software Risk Simulator para el análisis estadístico de los tiempos de ensamblaje de las botoneras. Resultados: Al comparar las medias de ambos métodos (por operación y el lineal), damos cuenta de la gran ventaja que representa el método en línea que propusimos los alumnos y que se sustenta en los valores arrojados por el Risk Simulator, por lo que establecer el método en línea en vez de tradicional utilizado en el laboratorio de Ingeniería de Métodos representaría una mejora en el 47.60%. Discusión: En conclusión el método lineal es mejor que el método por operación, ya que presenta una mejor media del tiempo total y un menor coeficiente de variación.

**Palabras clave:** *Ensamblaje, mejora del método, simulación, método lineal y método por operación.*

## Abstract

**Introduction:** The objective of the present investigation is to demonstrate with the simulation of the assembly of a keypad the improvement of the process method, with Risk Simulator. The assembly was proposed as an independent variable, which consists of the union of two or more objects by adjustments, adaptation or fitting, and as a dependent variable the improvement of methods, as an established procedure in which tools are used systematically. Material and methods: The design of this research is experimental because it is based on the description of variables that interrelate at a given time, it is also applied because it brings to practice already acquired knowledge. The data obtained from the time taking of the 30 cases of assembly of the keypad were processed through Excel spreadsheet and the writing was done using a word processor such as Microsoft Word, also the Risk Simulator software was used for the statistical analysis of the assembly times of the keypads. Results: When comparing the means of both methods (by operation and linear), we realize the great advantage represented by the online method that we proposed the students and that is based on the values thrown by the Risk Simulator, so establishing The online method instead of the traditional one used in the Methods Engineering laboratory would represent an improvement in 47.60%. Discussion: In conclusion, the linear method is better than the method per operation, since it presents a better mean of the total time and a lower coefficient of variation.

**Keywords:** *Assembly, improvement of the method, simulation, linear method and method by operation.*

<sup>(1)</sup>Autor corresponsal Jefferson Saavedra- Estudiante. Email: Jeffers.rosas@gmail.com Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho – Perú- Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática <https://orcid.org/0000-0002-8461-6448>

<sup>(2)</sup>Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión- Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática <https://orcid.org/0000-0001-9281-0796>

<sup>(3)</sup> Universidad César Vallejo- Chimbote- Facultad de Ingeniería <https://orcid.org/0000-0003-4065-3359>

## Resumo

**Introdução:** o objetivo da presente investigação é demonstrar com a simulação da montagem de um teclado a melhoria do método do processo, com Risk Simulator. A montagem foi proposta como uma variável independente, que consiste na união de dois ou mais objetos por ajustes, adaptação ou montagem e, como variável dependente, a melhoria dos métodos, como um procedimento estabelecido no qual as ferramentas são usadas sistematicamente. **Material e métodos:** o projeto desta pesquisa é experimental porque se baseia na descrição de variáveis que se inter-relacionam em um determinado momento, também é aplicado porque traz pra prática o conhecimento já adquirido. Os dados obtidos a partir do tempo de captura dos 30 casos de montagem do teclado foram processados através da planilha do Excel e a escrita foi feita usando um processador de texto, como o Microsoft Word, e o software Risk Simulator foi usado para o Análise estatística dos tempos de montagem dos teclados. **Resultados:** Ao comparar os meios de ambos os métodos (por operação e linear), percebemos a grande vantagem representada pelo método on-line que propusemos os alunos e que é baseado nos valores lançados pelo Risk Simulator, estabelecendo assim O método on-line em vez do tradicional utilizado no laboratório de Engenharia de Métodos representaria uma melhoria em 47,60%. **Discussão:** Em conclusão, o método linear é melhor que o método por operação, uma vez que apresenta uma melhor média do tempo total e um menor coeficiente de variação.

**Palavras-chave:** montagem, melhoria do método, simulação, método linear e método por operação.

## I. Introducción

El principal problema que busca resolver un ingeniero industrial en la empresa es reducir tanto el tiempo como los costos y optimizar los recursos, manteniendo la misma calidad o incluso mejorándola. El estudio de tiempos en la industria representa una oportunidad de mejora y es uno de los factores más importantes en los procesos de manufactura. Debido a estos problemas siempre se generan mejoras constantes en los procesos de fabricación, mantenimiento, control de calidad, entre otros. Las empresas manufactureras en el Perú tienen el reto de mejorar constantemente tanto sus actividades como también sus métodos con el soporte de la Ingeniería de Métodos. Nuestro enfoque en este proceso del ensamblaje de las botoneras se sustenta en la simulación estadística con Risk Simulator y la experimentación que llevamos a cabo en el laboratorio de Ingeniería Industrial.

El ensamblaje es la unión de dos partes que van juntas; suele ir presidido por posicionar o mover, y seguido por soltar. El ensamble automatizado ha reducido en forma significativa la demanda de fuerza de las personas en el entorno industrial moderno, en particular aquellas que involucran manejo manual de materiales (MMM) o trabajo manual. En general, no es práctico hacer un estudio detallado del proceso bimanual a menos que se trate una operación manual muy repetitiva. Por medio de este análisis es posible identificar los patrones de movimientos ineficientes en un ensamble. Niebel & Freivalds (2004) p.150, 151.

La mejora de método incluye diseñar, crear y seleccionar los mejores procesos, herramientas, equipos y habilidades de manufactura para fabricar un producto basado en planos y especificaciones desarrollados en la sección de ingeniería del producto. La Ingeniería de Métodos es un escrutinio minucioso y sistemático de todas las operaciones directas e indirectas, para encontrar mejoras que faciliten la realización del trabajo en términos de la seguridad y la salud del trabajador, y permitir que se lleven a cabo en menos tiempo, con menos inversión por unidad (mayor rentabilidad). Niebel & Freivalds (2004) p.4, 5.

Para realizar la mejora del método ya establecido decidimos obtener datos en los ambientes del laboratorio de Métodos y Ergonomía de la Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e

Informática de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Con una práctica previa dada por el docente del curso de Ingeniería de Métodos y Ergonomía.

Empezamos ubicándonos en una posición cómoda para identificar las operaciones, posteriormente se indica al colaborador el momento para iniciar. Las pruebas realizadas de los tiempos tomados del armado de botoneras fueron  $n=30$ , mientras esto se realiza, el colaborador observa al analista y anota todas las actividades.

De la experimentación realizada en el método por operación de los totales se obtiene el promedio total: 83.57, la desviación total: 16.13 y por último el Coeficiente de variación total: 19%. Y los resultados del método en línea son Tiempo medio: 42.93, desviación estándar: 23.86 y el coeficiente de variación: 56%.

El proponer una mejora de métodos genera reducir el tiempo para el ensamblaje. Por lo tanto, según los resultados obtenidos el método por operación, es el más adecuado ya que el coeficiente de variación hallado es menor y por lo tanto más consistente, que el método en línea.

## **II. Material y métodos**

La investigación “Ensamblaje de botoneras y mejora de métodos del proceso con Risk Simulator en el laboratorio de Ingeniería Industrial-2017, es de diseño pre-experimental con el fin de investigar, describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es también del tipo aplicada, pues no se busca la generación de nuevos conocimientos, sino el de llevar a la práctica conocimientos ya adquiridos acerca de fenómenos estudiados con anterioridad; tanto en términos estadísticos como de estudio de métodos y tiempos. El carácter descriptivo de la investigación hace referencia a la prioridad. La población de la presente investigación fueron los tiempos de ensamble de las botoneras de los seis estudiantes que conforman el grupo de trabajo, dividiéndose en tres operadores y tres analistas, en condiciones de laboratorio de Ingeniería de Métodos y Ergonomía. La muestra consistió de 30 tiempos para ambos métodos de ensamble.

**Tabla 01: Matriz de Operacionalización de Variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
V. Independiente (X) Ensamblaje	El ensamblaje es la unión de 2 partes que van juntas; suele ir precedido por posicionar o mover, y seguido por soltar. El ensamble automatizado ha reducido en forma significativa la demanda de fuerza de las personas en el entorno industrial moderno, en particular aquellas que involucran manejo manual de materiales (MMM) o trabajo manual. En general, no es práctico hacer un estudio detallado del proceso bimanual a menos que se trate una operación manual muy repetitiva. Por medio de este análisis es posible identificar los patrones de movimientos ineficientes en un ensamble. Niebel & Freivalds (2004) p.150,151. ISBN 970-15-0993-5.	El ensamblaje es una operación que consiste en la unión de 2 o más piezas o componentes, según lo indique el <b>diseño, selección y montaje</b> en una línea de procesos; donde, al realizar <b>pruebas del sistema</b> del proceso se verifica si el análisis de <b>pruebas de fallas</b> identificó aquellas operaciones ineficientes e innecesarias para poder mejorarlas o eliminarlas, asegurando así la calidad en la producción. Saavedra Et al. (2017)	D1: <b>Diseño, selección y montaje</b>	Actividades
			D2: <b>Pruebas del sistema</b>	Tiempo inicial
			D3: <b>Pruebas de fallas</b>	Tiempo final
V. Dependiente (X2) Mejora de método	La mejora de método incluye diseñar, crear y seleccionar los mejores procesos, herramientas, equipos y habilidades de manufactura para fabricar un producto basados en planos y especificaciones desarrollados en la sección de ingeniería del producto. La Ingeniería de Métodos es un escrutinio minucioso y sistemático de todas las operaciones directas e indirectas, para encontrar mejoras que faciliten la realización del trabajo en términos de la seguridad y la salud del trabajador, y permitir que se lleven a cabo en menos tiempo, con menos inversión por unidad (mayor rentabilidad). Niebel & Freivalds (2004) p.45. ISBN 970-15-0993-5	La mejora de métodos se basa en el <b>análisis y mejora de actividades</b> dispuestas y determinadas de un <b>diseño de proceso</b> de ensamblaje y que nos permite proponer un nuevo método de trabajo a partir de parámetros e indicadores y los valores que representen estos y que señalen deficiencias en el proceso. La ingeniería de métodos y el Risk Simulator nos permitan corregir estas deficiencias valiendonos de la estadística como herramienta fundamental. De esta manera lograremos la <b>reducción del tiempo de operación en el proceso</b> de ensamble, además de la productividad y la eficiencia del trabajo. Saavedra et al. (2017)	d1: <b>Análisis y mejora de actividades</b>	Tiempo estándar (i)
			d2: <b>Diseño del proceso</b>	Tiempo estándar (f)
			d3: <b>Reducción del tiempo</b>	Eficiencia
				Tiempo inicial
				Tiempo final

**2.1 Variable Independiente : Ensamblaje**

Nieve (1999) Pag 521. "El ensamblaje ocurre siempre que dos o más objetos se unen entre sí, generalmente por ajuste, adaptación o encajamiento. También hay ensamble cuando un objeto situado en una posición exacta con respecto a otro. El tiempo de ensamble depende de:

- a) *Tamaño del receptor:* El receptor es la parte de un ensamble que acepta el entrador.
- b) *Tamaño o dimensiones del entrador:* Un entrador o encajador es la parte de un ensamble que entra o encaja en el receptor.
- c) *Selección de tamaños:* La dificultad del ensamble, y por consiguiente, el tiempo de ensamble, aumenta a medida que la dimensión efectiva del encajado se aproxima a la

dimensión efectiva del receptor. Por lo tanto, el tiempo de ensamble es función de la relación de tamaños.

$$\frac{\text{Dimensión del encajador}}{\text{Dimensión del receptor}} = \text{Relación de tamaños}$$

d) *Tipo (forma) del receptor*: Existen **dos** tipos de receptor en la terminología del factor del trabajo: cerrado y abierto. El cerrado es aquel que lo está en todo a su alrededor, de manera que se reunieren movimientos de alineación según dos ejes. El abierto requiere tales movimientos a lo largo de solo un eje.”

Es un conjunto de operaciones que consiste en unir partes o piezas, que al ser encajadas entre sí, de manera lógica y ordenada se obtiene un producto final.

### 2.1.1 Diseño, selección y montaje:

León (1994) pág. 44. “Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento. El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente difícilmente podrá ser resuelto.”

León (1994) pág. 51. “La selección se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes. Este movimiento sigue, generalmente al de buscar y es difícil determinar exactamente, aún mediante el método detallado de los micro movimientos cuando termina la busca o empieza la selección. A veces este puede existir sin la búsqueda, en esos casos suele ir precedida de la inspección. Este también es un *therblig* ineficiente.”

León (1994) pág. 30. “Producción en línea y por lotes, cada una tiene su distribución diferente de máquinas, y ver cual se adecúa más a la producción dada. Si el alumno escoge la distribución de producción en serie, debe ser capaz de balancearla.”

El diseño consiste en la construcción de un modelo, que nos muestra la descripción de un proyecto de manera gráfica y ordenada.

La selección por su parte es la separación o clasificación de una o varias personas o cosas entre un grupo, por distintas reglas ya establecidas o por determinadas causas.

El montaje es el armado o el ajuste de diversos elementos de una máquina o producto en su respectivo lugar.

### 2.1.2 Pruebas del sistema:

León (1994) pág. 30. “El principal objetivo de la distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar una prueba de sistema de producción que permita la fabricación del número de productos deseados, con la calidad también deseada y al menor costo posible. La distribución del equipo es un elemento importante de todo un sistema de producción que abarca las tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, encaminamiento y recorrido y despacho de trabajo. Una cierta distribución puede ser la mejor en condición y ser completamente inadecuada en un conjunto de condiciones diferentes. Puesto que las condiciones de trabajo rara vez son estáticas, el ingeniero con frecuencia tiene la oportunidad de hacer mejoras en la distribución de prueba del sistema.”

El diseño consiste en la construcción de un modelo, que nos muestra la descripción de un proyecto de manera gráfica y ordenada.

La selección por su parte es la separación o clasificación de una o varias personas o cosas entre un grupo, por distintas reglas ya establecidas o por determinadas causas.

El montaje es el armado o el ajuste de diversos elementos de una máquina o producto en su respectivo lugar.

### 2.1.3 Pruebas de fallas:

Niebel (2008) pág. 507. “Las consideraciones económicas pueden involucrar nuevos productos para los cuales no se han implantado estándares o productos existentes que tienen un elevado costo de manufactura. Los problemas o pruebas de falla podrían ser grandes cantidades de desperdicio o re-trabajo, excesivo manejo de materiales, en términos de costo o distancia, o simplemente operaciones de “cuello de botella”. Las consideraciones técnicas pueden incluir técnicas de procesamiento que necesiten ser mejoradas, problemas de control de calidad debidos al método, o problemas de funcionamiento del producto comparado con el de la competencia. Las consideraciones humanas pueden involucrar trabajos altamente repetitivos que tengan como consecuencia lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo, un elevado índice de accidentes, tareas con excesiva fatiga o tareas acerca de las cuales los trabajadores se quejen constantemente.”

Cuando se lleva a cabo esta prueba (o corrida), daremos cuenta de aquellos puntos críticos del proceso (cuellos de botellas, privaciones, porcentaje de utilidad, etc.) que son notorios en el desarrollo del ensamblaje y que deberán ser estudiados y analizados para de esta manera proponer alternativas que nos permitan eliminarlos o disminuirlos, y así procurar la mejora continua del proceso.

Para este fin existen muchas herramientas y técnicas que nos serán de gran utilidad, como: hojas de cálculo, herramientas de Lean Manufacturing, Estadísticas descriptivas, software, etc.

Los procesos de ensamble presentan problemas de tiempos de ciclo, grandes cantidades de material en proceso, bloqueos, privaciones, etc. Por lo que es necesario implementar técnicas de mejora, que permitan incrementar la productividad de estas líneas de ensamble.

## 2.2 Variable dependiente: Mejora de métodos

Niebel (2008) Pag365.”La mejora de métodos se puede usar para simplificar una organización de servicio. Una división del gobierno del estado desarrollo un programa de análisis de las operaciones cuyos resultados fue ahorros estimados de más de 50000 horas. Esto se obtuvo al combinar, eliminar y rediseñar todas las actividades de documentación; mejora la distribución de planta y desarrollar las trayectorias de autoridad.

Mejorar los métodos también es efectivo en los procedimientos de oficina. Un departamento de ingeniería industrial de una compañía en Pensilvania debía simplificar la documentación necesaria para enviar las piezas moldeadas fabricadas en una de sus plantas a una planta afiliada para el ensamble. El departamento desarrollar un nuevo método que reducía el promedio diario de 552 a 50 hojas de papel para 45 órdenes. Los ahorros anuales sólo en papel fueron significativos. Las mejoras en los métodos deben ser parte de un programa de mejoramiento continuo.”

El método es el procedimiento establecido en el cual se emplean las herramientas, técnicas o estrategias, de manera ordenada y sistemática para obtener un resultado, generalmente aplicado a procesos. La mejora de métodos consiste en analizar el método ya establecido, encontrar las deficiencias y cuellos de botella, darles solución y dar paso a un nuevo método generando la reducción del tiempo, maximización de producción, optimización de recursos y sobre todo rentabilidad.

### 2.2.1 Análisis y mejora de actividades:

Niebel (1999) Pag 50. "El análisis de actividades es un procedimiento empleado por el ingeniero de métodos para analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación con sus vistas a mejoramiento. En el análisis de la operación el procedimiento es tan efectivo en la producción de nuevos centros de trabajos como el mejoramiento de los existentes, ha ido adquiriendo cada vez más importancia a medida que se intensifica la competencia con el extranjero, y se elevan al mismo tiempo los costos de mano de obra de y materiales." Nieve (2009) pág. 547. "Es el procedimiento para realizar una cuidadosa evaluación de cada trabajo y registrar sus detalles para evaluar de manera equitativa. Expansión horizontal o diversificación del trabajo, para evitar el trabajo repetitivo"

No hablaremos claramente sobre la calidad, lo veremos desde un punto más subjetivo. Debido a que los en concreto sería la satisfacción al cliente y cumplimiento de la normatividad.

Pero hoy en día a todos los empresarios les interesa la mejora de calidad con bajos costos, esto se obtiene mediante la modificación de sistemas operativos con la base de un control estadístico.

Estos análisis estadísticos son de mucha utilidad para evaluar, analizar y prevenir problemas, no confundamos prevenir con mejorar o controlar la calidad. Para prevenir podemos realizar una debida planeación dentro de un plan de calidad, de esta manera podemos documentar y alinear las actividades. Muy importante es acortar los plazos de entrega, una herramienta útil es el control de cumplimiento, que se basa en el seguimiento y evaluación con formatos establecidos.

### 2.2.2 Diseño del proceso:

García (2005) pág. 5. "Por definición se establece que el objetivo del diseño del trabajo es aumentar la productividad con los mismos o menores recursos si entendemos al trabajo como la actividad que integra los recursos materiales, de mano de obra y de maquinaria, con el fin de producir los bienes o servicios. Los costos se establecen o se presentan cuando los recursos invertidos se utilizan a un nivel determinado de productividad; entonces, cuando la productividad los costos disminuyen."

Es hacer un plan detallado de una secuencia de pasos a seguir para ejecutar el proceso, conjunto de etapas consecutivas, con el fin de obtener mayores utilidades, además se tiene en cuenta los factores que influyen en este, como la maquinaria , servicios a usar, producción, entre otros.

### 2.2.3 Reducción del tiempo:

Niebel (1999) pág. 79. "Debido que a veces se pasa por alto la ubicación del material en la estación de trabajo puede ofrecer oportunidades de ahorro tan grandes, minimizar el cansancio, el manejo manual del lugar de trabajo. Proporciona al operador de realizar el trabajo más rápido con menos fatiga y con mayor seguridad."

Para la reducción de tiempo debemos obtener toda información relacionada con las diferentes actividades realizadas en el proceso de métodos, esto se alcanza cuando el grupo pone una atención adecuada, Las actividades que fueron ejecutadas en serie pueden ser cambiadas en paralelo reduciendo el tiempo en un porcentaje óptimo.

## 2.3 Tipo: experimental

En la experimentación en el laboratorio de Ingeniería Industrial obtuvimos un tamaño muestral de 30 tiempos para el ensamblaje por operación y de 30 tiempos para el ensamblaje.

Utilizamos hojas de cálculo Excel para procesar los tiempos que obtuvimos en los métodos por operación y en línea, además a través de Word redactamos el artículo científico de la investigación.

Con Risk simulator realizamos la simulación “n” veces de los datos obtenidos y procesados estadísticamente. Los valores que arroje el software nos servirá para elegir el mejor método de ensamble.

Una simulación de Monte Carlo en su forma más simple es un generador de números aleatorios que es útil para el análisis del pronóstico, estimación y riesgo. Una simulación calcula numerosos contextos o escenarios de un modelo al escoger repetitivamente valores de una distribución de probabilidad de un usuario predefinido para las variables inciertas y usando esos valores como insumo para un modelo. Ya que todos esos contextos producen resultados asociados en un modelo, cada contexto puede tener unos pronósticos. Los pronósticos son eventos (usualmente con fórmulas o funciones) que definimos como salidas importantes del modelo.

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Métodos y Ergonomía, de la Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, valiéndonos de las herramientas y técnicas empleadas durante el curso de Ingeniería de Métodos.

La simulación con Risk Simulator nos permitirá reproducir (correr) el proceso de ensamblado de las botoneras una cantidad “n” de veces, usando la estadística como esencia para obtener valores que nos permitan seleccionar el mejor método de ensamble.

Para la presente investigación, tanto en las hojas de cálculo Excel, como en el software Risk Simulator, utilizamos el análisis estadístico para evaluar los tiempos de ensamblaje de las botoneras. En este contexto, estadísticos muestrales como la media de los tiempos, la desviación, o el coeficiente de Variación.

Los valores que arrojaron serán de utilidad para comparar los métodos de ensamblaje y establecer el mejor de estos.

### **III. Resultados**

El análisis preliminar sirvió para determinar los tiempos promedios, desviación estándar y el cociente de variación tanto de los tiempos por operador y también de los tiempos con el método lineal para ensamblaje de las botoneras. El tamaño de la muestra consta de 30 datos por método de trabajo (por operador y lineal).

Tabla 2. Tiempos de ensamblaje de botoneras por operación.

Botonera	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5	Operación 6	Operación 7	Operación 8	Total
1	6	4	3	20	25	21	8	32	119.00
2	3	3	3	9	10	17	3	37	85.00
3	3	3	3	19	24	13	4	31	100.00
4	8	3	2	18	12	8	2	34	87.00
5	9	4	2	19	8	9	2	29	82.00
6	4	2	5	14	16	11	2	28	82.00
7	4	2	2	9	6	9	4	23	59.00
8	3	2	3	10	7	7	3	25	60.00
9	4	12	3	14	10	8	2	36	89.00
10	4	2	4	21	8	11	3	29	82.00
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
30	4	3	3	14	7	6	2	33	72.00
<b>Tiempo medio (X)</b>	<b>5.33</b>	<b>3.33</b>	<b>3.37</b>	<b>13.23</b>	<b>11.10</b>	<b>10.03</b>	<b>2.87</b>	<b>34.30</b>	<b>83.57</b>
<b>Desviación estandar (s)</b>	<b>2.06</b>	<b>1.92</b>	<b>1.22</b>	<b>4.43</b>	<b>4.84</b>	<b>3.25</b>	<b>1.43</b>	<b>8.70</b>	<b>16.13</b>
<b>Cociente de variación (CV)</b>	<b>39%</b>	<b>58%</b>	<b>36%</b>	<b>33%</b>	<b>44%</b>	<b>32%</b>	<b>50%</b>	<b>25%</b>	<b>19%</b>

En el laboratorio de Ingeniería de Métodos y Ergonomía procedimos a medir los tiempos de ensamblaje de las botoneras de acuerdo a los dos métodos establecidos y que posteriormente fueron llevados al Risk Simulator junto con sus estadísticas más representativas para la simulación. Para este fin, los datos fueron procesados en hojas de cálculo Excel para determinar el tiempo medio (X), la desviación estándar (s) y el Cociente de Variación (CV).

En la tabla 2 (ensamblaje por operación) podemos observar que el tiempo medio de la operación uno, con 5.33 segundos, es superior al tiempo medio de las operaciones dos y tres, a pesar de consistir en la misma operación. De igual manera, los tiempos medios de las operaciones cuatro, cinco y seis no son uniformes.

Coefficientes de variación como 58% en la operación dos, o de 50% en la operación siete revelan la dispersión medianamente elevada de los datos de la tabla 2.

Tabla 3. Tiempos de ensamblaje de las botoneras en línea.

Botonera	Total
1	133,00
2	36,00
3	48,00
4	43,00
5	33,00
6	41,00
7	39,00
8	29,00
9	38,00
10	33,00
....	....
30	35,00
<b>Total</b>	<b>1288,00</b>

Tiempo medio (X)	42,93
Desviación estándar (σ)	23,86
Cociente de variación(CV)	56%

El segundo método consistió en tomar tiempos en una línea de ensamble, dividida en tres estaciones. El tiempo que se registró fue al finalizar el ensamble de cada botonera, durante 30 ciclos. De la tabla hemos observado que el método posee datos no consistentes ya que el coeficiente de variación es mayor al 50%.

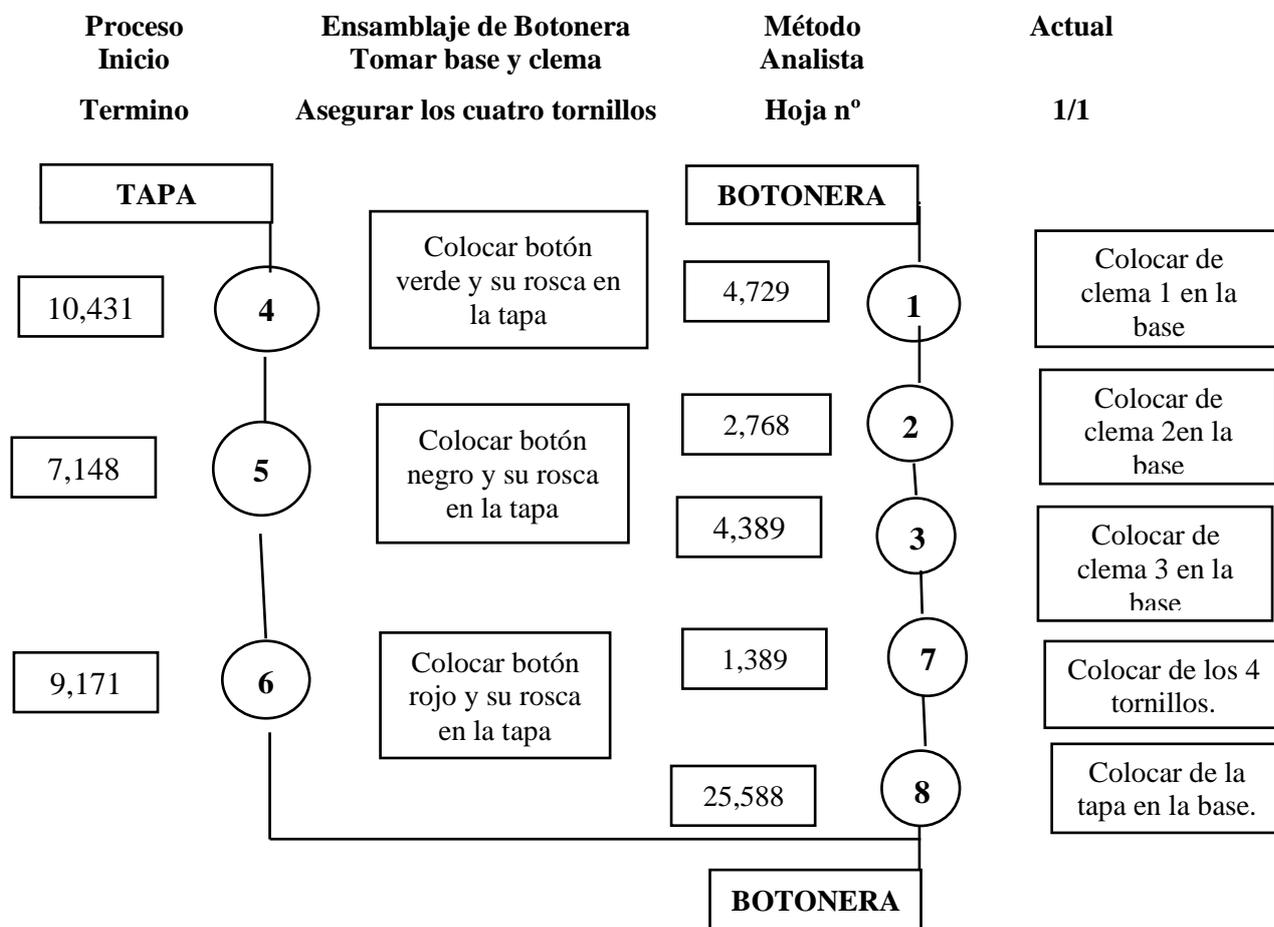
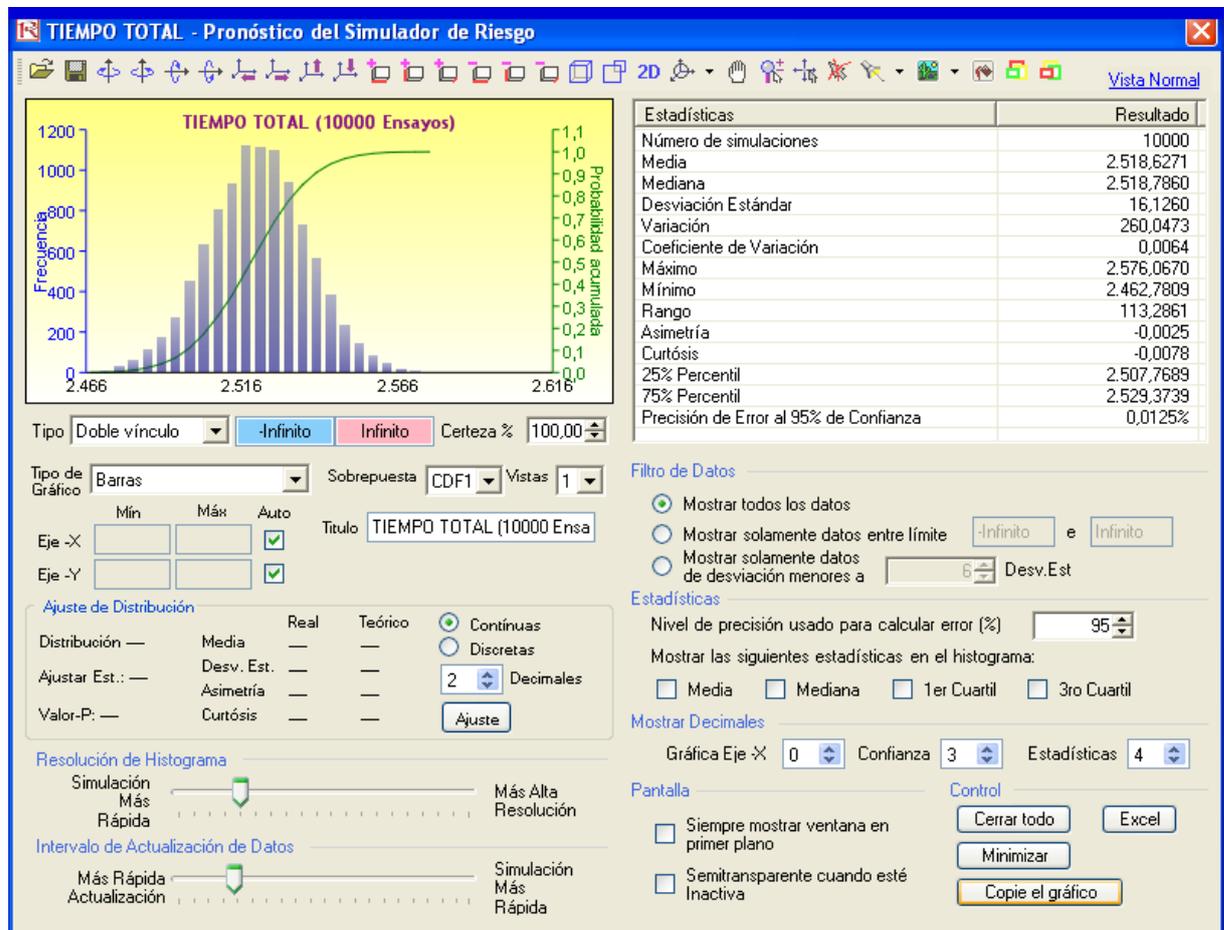


Figura 1: Diagrama de operaciones del proceso de ensamblaje de una botonera

El diagrama de operaciones del proceso nos permitió dar una imagen clara de la secuencia que siguen las actividades dentro del proceso, estudiar la relación que existe entre las operaciones e inspecciones de un mismo proceso, identificar el inicio y el final del proceso de ensamblaje de una botonera.

El diseño, selección y montaje del ensamblaje de botonera en dos diferentes métodos nos permitió establecer la comparación a partir de sus estadísticas representativas y que servirán para la mejora del método. El tiempo medio total de ensamblaje por operación fue de 83,57 segundos, y el tiempo medio total de ensamblaje en línea fue de 42,93.

Se llevó a cabo la simulación del ensamblaje de las botoneras por operación con Risk Simulator para observar los valores probabilísticos y estadísticos que arrojó el software después de 10 000 corridas. El supuesto de entrada estuvo definido por los promedios totales por operación y el pronóstico de salida en términos de la suma de los promedios totales por operación. La media del proceso resultó ser de 2518,6271 con una desviación estándar de 16,1260.

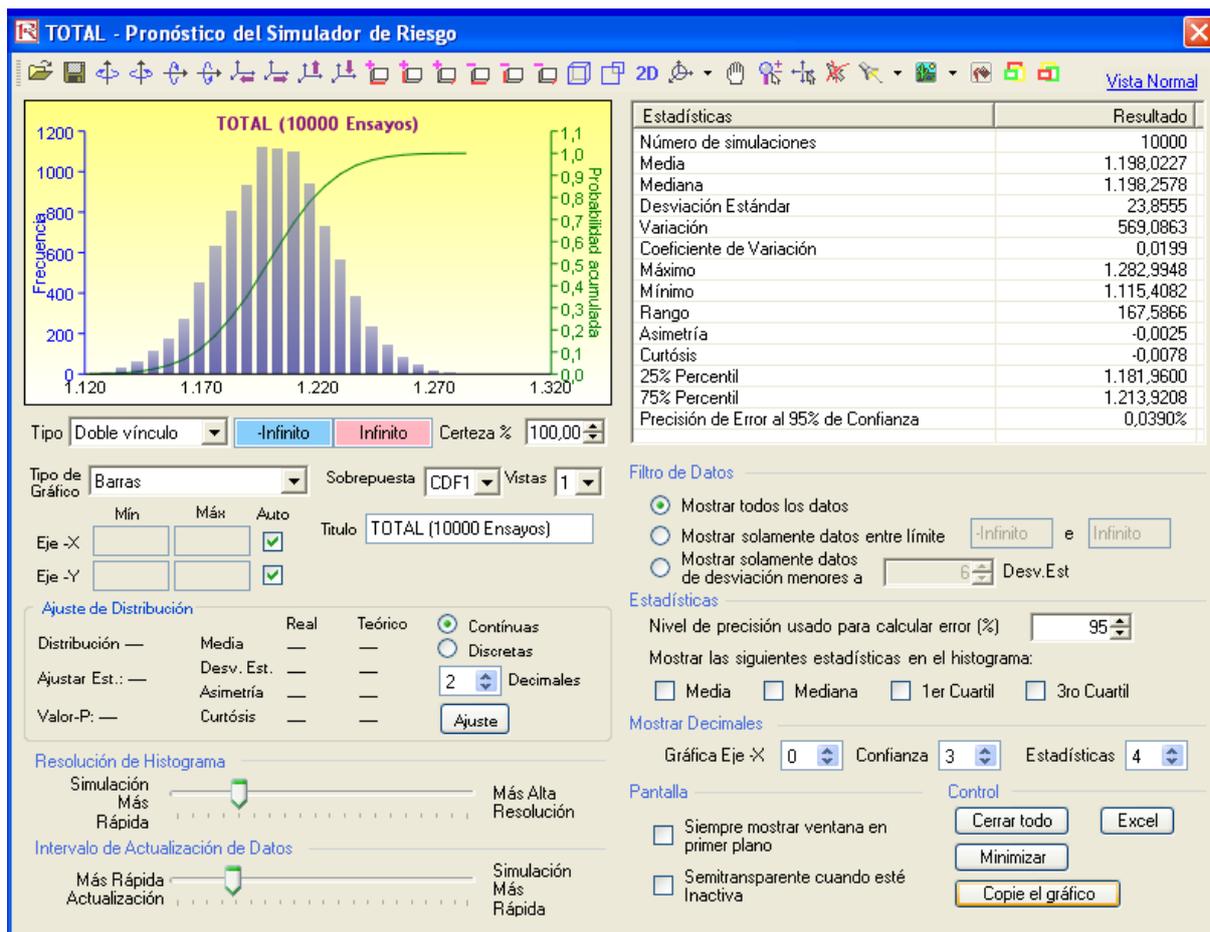


**Figura 3:** Resultados de la simulación del ensamblaje de las botoneras por operador (10000 veces)

**Fuente:** Software Risk Simulator

La asimetría y la curtosis, -0,0025 y -0,0078 respectivamente. La asimetría negativa representa un alargamiento o sesgo hacia la izquierda, es decir, la distribución de los datos tiene a la izquierda una cola más larga que a la derecha.

La grafica de pronóstico mostrada en la figura 4 es un histograma de probabilidad que muestra los cálculos de frecuencia de valores ocurriendo en el número total de intentos simulados. Las barras verticales muestran la frecuencia de un valor x particular ocurriendo en un número total de intentos, mientras la frecuencia acumulativa (línea uniforme) muestra el total de probabilidades de todos los valores en y debajo de x ocurriendo en el pronóstico.



**Figura 4:** Resultados de la simulación del ensamblaje de las botoneras método en línea (10000 veces)

**Fuente:** Software Risk Simulator

Se llevó a cabo la simulación del ensamblaje de las botoneras por operación con Risk Simulator para observar los valores probabilísticos y estadísticos que arrojó el software después de 10 000 corridas. El supuesto de entrada estuvo definido por tiempo total de las 30 botoneras y el pronóstico de salida en términos de la suma de los tiempos de las 30 botoneras. La media del proceso resultó ser de 1198,0227 con una desviación estándar de 23,855.

La asimetría y la curtosis, -0,0025 y -0,0078 respectivamente. La asimetría negativa representa un alargamiento o sesgo hacia la izquierda, es decir, la distribución de los datos tiene a la izquierda una cola más larga que a la derecha.

#### IV. Discusión

Tras el análisis estadístico de los dos métodos de ensamblaje de botoneras en las hojas de cálculo de Excel, el total por operaciones de los tiempos promedios fue de 2507 segundos, mientras la media arrojada por el Risk Simulator después de 10 000 corridas del proceso en la simulación fue de 2518,6871. Podemos observar entonces que existe una diferencia poco significativa entre ambos valores y los que arrojó el software no apoyan la validez de este método al ser la media del total de la simulación mayor a la del análisis estadístico.

Para el método de ensamblaje en línea (método propuesto por el grupo de trabajo), el total del tiempo de ensamblaje de las 30 botoneras tras el análisis estadístico de las hojas

de cálculo de Excel fue de 1288 segundos, y la media (X) de los totales que arrojó el Risk Simulator después de 10 000 corridas de este proceso fue 1198,0227.

Al comparar las medias de ambos métodos (por operación y el de línea propuesto), damos cuenta de la gran ventaja que representa el método en línea que propusimos los alumnos y que se sustenta en los valores arrojados por el Risk Simulator, por lo que establecer el método en línea en vez de tradicional utilizado en el laboratorio de Ingeniería de Métodos representaría una mejora en el 47.60%. Obteniendo un método realizado (análisis por operación y el de línea) que el diseño, implementación y simulación de un proceso de ensamblaje por prensado controlado con músculo y monitoreado con sistema scada. Carillo & Silva (2013) y la implementación de una estación para simulación de procesos de ensamblaje con mesa indexadora y robot industrial en el laboratorio de automatización de la facultad de mecánica. Abarco & Camacho (2017) no han realizado en su método de estudio.

### Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Ing. José Augusto Arias Pittman e Ing. Jaime Eduardo Gutiérrez Ascón, a quienes nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de este estudio.

Además, de agradecer su paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto saliera de manera exitosa.

Gracias por su apoyo, por ser parte de la columna vertebral de nuestro artículo científico.

### Referencias.

- Abarca Camacho, R. F., & Camacho Paucar, E. R. (2017). *Implementación de una estación para simulación de procesos de ensamblaje con mesa indexadora y robot industrial en el laboratorio de automatización de la facultad de mecánica*. Trabajo de titulación. Riobamba, Ecuador.
- Becerra Luna, J. A., & Padilla Yambay, J. A. (2010). *Diseño, programación e implementación de un sistema de giro para acoplar a la línea de ensamble del laboratorio de automatización industrial*. Tesis de grado. Riobamba, Ecuador.
- Bonilla Novillo, S. M. (2016). *Propuesta de mejoramiento del proceso productivo del tónico de la tuna mediante el estudio de métodos y medición del trabajo en la empresa vita tuna del cantón guano*. Proyecto de investigación. Riobamba, Ecuador.
- Carrillo Velarde, G. G., & Silva Conde, A. A. (2013). *Diseño, implementación y simulación de proceso de ensamblaje por prensado controlado con músculo neumático y monitoreado con sistema scada*. Tesis de grado. Riobamba, Ecuador.
- Cayancela Valverde, J. D., & Colcha Gagnay, E. R. (2015). *Diseño y construcción de un módulo de automatización del proceso de ensamblaje usando ventosa neumática, controlado con plc y pantalla táctil para la facultad de mecánica de la epoch*. Tesis de Grado. Riobamba, Ecuador.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mexico: McGraw Hill.
- Krick, E. V. (2009). *Ingeniería de métodos*. Mexico: Limusa Noriega Editora.
- Lascano Sumbana, M. F. (2010). *Optimización de los métodos de trabajo en el proceso de construcción de máquinas para labrar madera en la empresa cima castro*. Tesis de grado. Riobamba, Ecuador.

- Niebel, B. W., & Frievalds, A. (2004). *Ingeniería industrial: métodos, estándares, y diseño del trabajo*. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega.
- Rodriguez Limones, J. (2002 - 2003). *Mejora de métodos de trabajo en el servicio de transporte de carga general*. Tesis de Grado. Guayaquil, Ecuador.