

# Factores que influyen en errores humanos en procesos de manufactura moderna

## Factors that influence human errors in modern manufacturing processes

Karla Melissa Salas-Arias<sup>1</sup>, Carmen Elena Madriz-Quirós<sup>2</sup>, Olga Sánchez-Brenes<sup>3</sup>, Magaly Sánchez-Brenes<sup>4</sup>, Juan Bautista Hernández-Granados<sup>5</sup>

---

*Fecha de recepción: 24 de abril de 2017*

*Fecha de aprobación: 21 de junio de 2017*

Salas-Arias, K; Madriz-Quirós, C; Sánchez-Brenes, O; Sánchez-Brenes, M; Hernández-Granados, J. Factores que influyen en Errores Humanos en Procesos de Manufactura Moderna. *Tecnología en Marcha*. Vol. 31-1. Enero-Marzo 2018. Pág 22-34.

DOI: 10.18845/tm.v31i1.3494

1 Estudiante Graduada. Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura del Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Profesora e Investigadora. Correo electrónico: ksalas@itcr.ac.cr

2 Profesora e Investigadora. Escuela en Producción Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: cmadriz@itcr.ac.cr

3 Profesora e Investigadora. Escuela de Diseño Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: olsanchez@itcr.ac.cr

4 Profesora e Investigadora. Escuela de Producción Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: msanchez@itcr.ac.cr

5 Profesor e Investigador. Escuela de Producción Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: jhernández@itcr.ac.cr



## Palabras clave

Error Humano; Manufactura; Conducta humana; fiabilidad humana; factores humanos.

## Resumen

En la industria actual, se llevan a cabo procesos de producción mecanizados, con parámetros definidos para que dichas acciones sean realizadas por los operarios. Sin embargo, una desviación de esos parámetros es considerado como un error humano, ocasionando la perturbación del proceso de producción. El artículo se elabora con el propósito de identificar errores en el proceso productivo de una empresa Metalmecánica con la acción conjunta del Laboratorio de Ergonomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La identificación de errores humanos fue basado en la metodología Technique for human error-rate prediction (THERP); este análisis se complementó con una metodología de clasificación adaptada para la administración de procesos industriales llamada ABC, metodología 123 y metodología alfa beta gama para identificar los errores críticos para la empresa. Identificados dichos errores, por medio de un árbol de sucesos se cuantificó el porcentaje por medio de probabilidades teóricas reportadas por la literatura THERP y con ello se analizó el porcentaje de afectación para el proceso de producción. Con dicha metodología aplicada, se logró identificar en la empresa 26 errores en total.

## Keywords

Human Error; Manufacture; Human behavior; human reliability; human factors.

## Abstract

In the current industry, mechanized production processes are carried out, with defined parameters for these actions to be carried out by the operators. However, a deviation from these parameters is considered a human error, causing the disturbance of the production process. The article is elaborated with the purpose of identifying errors in the productive process of a Metalworking company with the joint action of the Laboratory of Ergonomics of the Technological Institute of Costa Rica. The identification of human errors was based on the Technique for human error-prediction (THERP) methodology; this analysis was complemented with a methodology of classification adapted for the administration of industrial processes called ABC methodology, 123 methodology and alfa beta range methodology to identify the critical errors for the company. Once these errors were identified, by means of an event tree the percentage was quantified by means of theoretical probabilities reported by the THERP literature and with this the percentage of affectation for the production process was analyzed. With this applied methodology, it was possible to identify in the company 26 errors in total.

## Introducción

En el mundo de la industria se llevan a cabo procesos de producción altamente mecanizados, dentro de los cuales se establecen parámetros específicos para que dichas acciones sean realizadas por los operarios. Cualquier desviación a partir de esos límites es considerado como un error humano, lo cual puede perturbar seriamente el proceso de producción [1]. La relevancia de los errores humanos en situaciones de accidentes exige enfoques transparentes y explícitos para la evaluación del desempeño humano, en los análisis de confiabilidad cuantitativos sistemáticos [2]. Adicionalmente, estudios sobre la actuación humana en accidentes han

demostrado que la influencia de las condiciones en las que se realiza la tarea es mayor que las características de la tarea en sí. Esto ha llevado un cambio en el enfoque de los errores humanos: si el contexto es el principal factor que influye en el rendimiento del error humano, entonces el contexto y la probabilidad de error humano debe ser modelado [3].

Los errores humanos siempre se ven implicados en los resultados finales del proceso en que se esté trabajando, es por eso que se requiere de una mejor comprensión de lo que significa el aspecto humano en la contribución de los fallos. [4]

El error humano puede ser clasificado en dos enfoques: personal y sistemático. El primer enfoque se basa específicamente en los errores cometidos individualmente, es decir, faltas cometidas por acciones imprudentes de los individuos como olvido de tareas, falta de atención, debilidad moral y otras; por otro lado el enfoque sistemático se centra en la variabilidad humana [5] [11]. El error humano en sí está ligado a factores de toma de decisión, entendimiento y se puede presentar incluso en personas sumamente cuidadosas en lo que hacen, sin embargo, como todo proceso que genere fallas siempre es indispensable la búsqueda de su mejora, en este caso el enfoque se basa en la investigación de métodos que logren la reducción del error humano [11]. Una de las principales recomendaciones según Tom Harvey [6] es la capacitación del personal; en su artículo "Reducir la frecuencia y gravedad del error humano" menciona como el enfoque de capacitación debe enfocarse en los efectos acumulativos de las fallas organizacionales, defensas con defectos y fallas del sistema que dan paso a que suceda el evento de error. Este autor garantiza el mejoramiento del desempeño humano una vez que se implemente el rediseño de los factores organizacionales que fomenten en éxito y evite las fallas.

## Metodología

### Descripción de la empresa

Este trabajo se realizó en una empresa dedicada al área de metalmecánica que integra varios procesos de manufactura moderna incluyendo CNC, laser entre otros. En la empresa se ejecutan cinco procesos de producción; diseño, en cual se confeccionan los planos digitales de las piezas, según los requerimientos del cliente; tornos primarios y tornos secundarios, donde se da la forma y afilamiento a las piezas; ensamblaje de piezas, en el cual se alambren las piezas para inducir el proceso de conductividad y aleación de baño de metales y baños en cuya área se introducen en diferentes estanques de metales específicos para bañar las piezas en ciertas secciones según las indicaciones del cliente.

### Recopilación de Información del Proceso Productivo

Por medio del método de la observación en piso, se efectúa la recolección de datos. Se utilizan formatos diseñados así como medios digitales (videos) para su posterior análisis. Este proceso se realizó durante un periodo de tres meses en las diferentes áreas para identificar y clasificar el error humano en las labores de operación. La grabación, permitió diagramar el proceso total, sus etapas con un software de diseño gráfico.

### Diagramación del Proceso Productivo

Se realizó un diagrama de las diferentes áreas que conforman el proceso de producción; en él se sigue la secuencia de actividades que involucra la elaboración de las piezas desde la solicitud del cliente hasta el acabado de la pieza total.

## Identificación y Cuantificación de Errores Humanos en el proceso.

En cada área se identificaron y clasificaron los errores humanos con base a la norma NTP 620, [7] en errores de omisión y en errores de acción; éstos últimos se derivan en errores de selección, error de secuencia, error temporal y error cualitativo. A cada error se asignó un número de probabilidad basado en la metodología THERP, según la norma NTP 620, para determinar las probabilidades de error.

Clasificación ABC: para la clasificación de los errores en el área de diseño, producción y operaciones manuales; se basó en la formulación de preguntas basadas en la metodología de análisis causal de los 5 porqués para determinar el grado de impacto de los errores identificados y con ello determinar si es muy crítico para las áreas en estudio y encontrar las soluciones correspondientes.

Clasificación 1,2,3: para determinar el grado de criticidad que podría obtenerse a nivel de economía, seguridad laboral y cliente final; se establece criterios de poco crítico, crítico y muy crítico para cada tipo de error identificado. Se aplicó la herramienta de los 5 porqués para hacer más eficiente la asignación de criticidad.

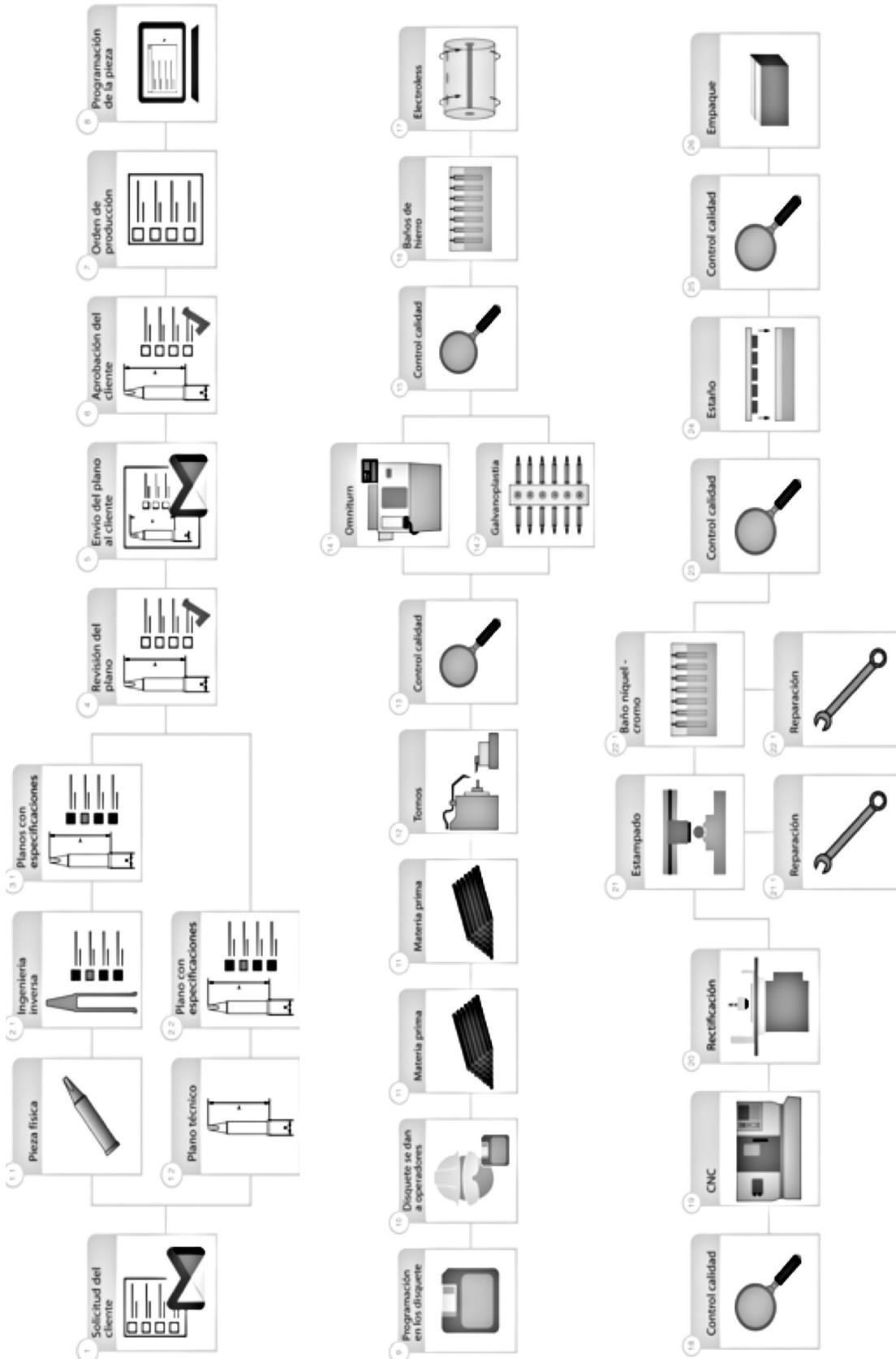
Clasificación alfa, beta y gama: se plantea una clasificación basada en la metodología alfa, beta y gama para determinar el grado mayor de criticidad de los errores encontrados. Para este, se elabora una matriz que integra los grados de impacto identificados en la clasificación ABC y los grados de criticidad identificados en la clasificación 123.

Árbol de fiabilidad: posterior a la clasificación alfa, beta y gama, se seleccionan los errores establecidos como alfa por ser los más críticos y que afectan en mayor parte el proceso productivo. A partir de ello, se elabora un árbol de fiabilidad haciendo uso de las probabilidades reportadas según la literatura.

## Resultados y Discusión

Con base a la grabación y diagramación del proceso, se identificó con mayor facilidad los errores que los operarios realizaban durante la ejecución de la labor. Se identificó un total de 26 errores distribuidos en: un error en el área de diseño, veinte y dos errores en el área de tornos primarios y secundarios; un error en el área de ensamblaje de piezas y dos errores en el área de baños. La figura 1, muestra todo el proceso productivo que con lleva la elaboración de una pieza. En el cuadro 1, se detalla todos los errores identificados en el proceso con sus probabilidades con base a la literatura. En el cuadro 2 se muestran los errores clasificados en acción u omisión según la metodología THERP. En el cuadro 3 se visualiza la matriz que involucra los tres sistemas de clasificación ABC, 123 y alfa, beta, gama. Por último, la figura 2, muestra un árbol de eventos con los errores más críticos identificados para el proceso, cuyos errores se destacan en el cuadro 4.

Con base al diagrama, entrevistas y grabaciones del proceso productivo efectuadas, se identificaron 26 errores humanos que afectan el proceso de producción. En el cuadro 1 se muestran los errores clasificados por diferentes áreas de trabajo (diseño, producción y operaciones manuales) obtenidos por medio del diagrama representado en la figura 1. En dicho cuadro 1 se visualiza mayor concentración de errores en el área de producción, lo cual es atribuible a fallas en los procesos de torneado o incluso a pocas aplicaciones de inspección de calidad. Las áreas de diseño y operaciones manuales concentran poca cantidad de errores. Lo anterior, se efectuó con el propósito de identificar cuál es el departamento o área que posee más problemas, así la empresa puede enfocar los recursos y tener mayor impacto por departamento que atacando errores de manera aislada, ya que se aplicaría una solución integral.



**Figura 1.** Diagrama del proceso productivo realizado en la empresa Metalmecánica. Fuente: Elaboración y Adaptado por el Laboratorio de Ergonomía Tecnológico de Costa Rica, 2015

**Cuadro 1.** Identificación de Errores Asociados a Procesos de Manufactura Moderna.

Área de Diseño	Probabilidades teóricas (NTP620)
Error en la confección de las dimensiones de las piezas a trabajar.	0,01
<b>Áreas de tornos Primario y Secundario</b>	
No verificación correcta de las conexiones o tendidos eléctricos de los equipos a utilizar.	0,1
Falta de limpieza del puesto de trabajo, lo que dificulta la labor de las tareas.	0,001
Uso incorrecto del equipo de protección personal para trabajar en el área del proceso productivo más si la persona hace uso de lubricantes, aceites y agentes refrigerantes.	0,003
Falta de experiencia y conocimiento en el puesto de trabajo.	0,003
Interface hombre-máquina deficiente.( Percepción, razonamiento, memoria, habilidad, entrenamiento, experiencia, escolaridad)	0,003
Cantidad de stress presente en la persona que realiza la labor.	0,001
La dificultad de la tarea puede aumentar la cantidad de errores si no se tiene estandarizada la actividad.	0,1
Uso inadecuado de los archivos de los programas correspondientes a los equipos.	0,003
No seleccionar adecuadamente el modo de operación.	0,003
Omisión de pasos del programa por exceso de experiencia.	0,003
No comunicar los cambios realizados en el sistema o registrarlos en una bitácora.	0,003
Error por la confusión de los colores de los planos según las etapas del proceso productivo.	0,002
Error al cuantificar los materiales necesarios para la producción del lote.	0,003
Error en el set up de las máquinas	0,1
Mala interpretación lectura de planos: medidas, cortes, forma de la pieza, codificación de la pieza.	0,1
Error en el tamaño de los lotes de producción.	0,01
Error en el porcentaje de scrab asignado al producto diseñado.	0,2
Mal planteamiento del plan de producción de la planta (tiempos de producción)	0,003
Falta de calibración de los equipos.	0,05
Deficiente Inspección de calidad del producto elaborado.	0,1
Intervención manual en los equipos, estando las máquinas operando.	0,01
Descuido de la máquina cuando es automática.	0,003
<b>Área de ensamblaje de piezas</b>	
Mal alambrado de las piezas (no sujeto fuertemente)	0,2
<b>Área de baños</b>	
Tiempos de baño no estandarizados	0,01
Incorrecta limpieza de equipos de medición para la aleación del baño específico.	0,3

Fuente: Elaboración propia, Laboratorio de Ergonomía, Tecnológico de Costa Rica.

Con base a la metodología reportada por la literatura, se clasificaron los errores con base a la normativa 620 de la metodología THERP. La clasificación se detalla en el cuadro 2. En dicho cuadro, los errores se catalogan en errores de omisión y de acción. Los errores clasificados en la sección de omisión, se destacan la omisión de pasos del programa por exceso de experiencia y la falta de calibración de los equipos. Lo anterior se puede atribuir a que algunos de los operarios poseen mayor tiempo de laborar en la empresa, por lo que el dominio en la técnica de trabajo se hace repetitivo induciendo a que el operario pueda asumir que no sea necesario realizar toda una metodología de pasos para efectuar una labor. Por ejemplo el encendido de una máquina requiere de pasos de calibración, e inicio de sistema de operación; en este proceso el operario puede omitir pasos e incluso la actividad se lleva a cabo sin ningún inconveniente. Pero cabe destacar que posiblemente esos pasos omitidos puedan afectar en menor grado todo el proceso.

**Cuadro 2.** Clasificación de los tipos de error presentes en procesos de Manufactura Moderna.

1. Error de Omisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Omisión de pasos del programa por exceso de experiencia.</li> <li>- Falta de calibración de los equipos</li> </ul>
2. Error de Acción	<p>2.1 Error de Selección</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso inadecuado de los archivos de los programas correspondientes a los equipos.</li> <li>- Error en la confección de las dimensiones de las piezas a trabajar.</li> <li>- No seleccionar adecuadamente el modo de operación.</li> </ul>
	<p>2.2 Error en la Secuencia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No verificar correctamente las conexiones o tendidos eléctricos de los equipos a utilizar.</li> <li>- No comunicar los cambios realizados en el sistema o registrarlos en una bitácora.</li> <li>- Error por la confusión de los colores de los planos según las etapas del proceso productivo.</li> <li>- Error al cuantificar los materiales necesarios para la producción del lote.</li> <li>- Mala interpretación lectura de planos: medidas, cortes, forma de la pieza, codificación de la pieza.</li> <li>- Error en el tamaño de los lotes de producción.</li> <li>- Mal alambrado de las piezas (no sujeto fuertemente)</li> </ul>
	<p>2.3 Error Temporal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Error en el porcentaje de producto defectuoso asignado al producto diseñado.</li> <li>- Error en el set up de las máquinas.</li> <li>- Mal planteamiento del plan de producción de la planta (tiempos de producción)</li> <li>- Tiempos de baño no estandarizados</li> </ul>
	<p>2.4 Error Cualitativo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de limpieza del puesto de trabajo, lo que dificulta la labor de las tareas.</li> <li>- Uso incorrecto del equipo de protección personal para trabajar en el área del proceso productivo más si la persona hace uso de lubricantes, aceites y agentes refrigerantes.</li> <li>- Falta de experiencia y conocimiento en el puesto de trabajo.</li> <li>- Interface hombre-máquina deficiente.( Percepción, razonamiento, memoria, habilidad, entrenamiento, experiencia, escolaridad)</li> <li>- Cantidad de stress presente en la persona que realiza la labor.</li> <li>- La dificultad de la tarea puede aumentar la cantidad de errores si no se tiene estandarizada la actividad.</li> <li>- Deficiente Inspección de calidad del producto elaborado.</li> <li>- Intervención manual en los equipos, estando las máquinas operando.</li> <li>- Descuido de la máquina cuando es automática.</li> </ul>

Fuente: Basado en las normas NTP 620, según la metodología THERP.

**Cuadro 3.** Clasificación de Errores según la metodología ABC, 123 y alfa,beta, gama identificados en la empresa Metalmecánica.

Error	Área de Producción	Criticidad Económica	Criticidad de Impacto en Seguridad	Criticidad para el Cliente Final	Clasificación Final	□	□	γ
1	B	1	1	3	B:1:1:3	■		
2	C	1	3	1	C:1:3:1			■
3	C	1	3	1	C:1:3:1			■
4	C	2	3	1	C:2:3:1		■	
5	C	2	2	2	C:2:2:2		■	
6	B	2	2	2	B:2:2:2		■	
7	B	1	2	2	B:1:2:2		■	
8	B	3	2	3	B:3:2:3	■		
9	A	2	2	3	A:2:2:3	■		
10	A	2	2	3	A:2:2:3	■		
11	A	1	2	3	A:1:2:3	■		
12	B	2	1	2	B:2:1:2		■	
13	B	3	1	3	B:3:1:3	■		
14	B	3	1	2	B:3:1:2		■	
15	B	2	2	2	B:2:2:2		■	
16	B	3	1	3	B:3:1:3	■		
17	A	3	1	2	A:3:1:2		■	
18	A	3	1	2	A:3:1:2		■	
19	A	2	1	3	A:2:1:3	■		
20	B	1	2	2	B:1:2:2		■	
21	B	3	1	3	B:3:1:3	■		
22	C	2	3	1	C:2:3:1		■	
23	C	2	3	1	C:2:3:1		■	
24	C	2	3	1	C:2:3:1		■	
25	A	2	3	1	A:2:3:1		■	
26	B	2	2	2	B:2:2:2		■	

Fuente: Elaboración propia, Laboratorio de Ergonomía, Tecnológico de Costa Rica.

En los errores de acción se encuentra una sub clasificación de errores denominados errores de selección, secuencia, temporal y cualitativo. Dentro de los errores de selección se ubicaron los siguientes errores: uso inadecuado de los archivos de los programas correspondientes a los equipos, error en la confección de las dimensiones de las piezas a trabajar y la no selección adecuada del modo de operación. Los errores anteriores, comparten características como la inadecuada selección de una tarea, lo cual con lleva a que el proceso productivo se vea afectado durante su ejecución ya que se puede efectuar alguna tarea no deseada y con ello obtener resultados totalmente diferentes a los esperados.

En los errores de secuencia, se encuentran la no verificación correcta de las conexiones o tendidos eléctricos de los equipos a utilizar, el no comunicar los cambios realizados en el sistema o registrarlos en una bitácora, se identificó el error en la confusión de los colores de los planos según las etapas del proceso productivo, error al cuantificar los materiales necesarios para la producción del lote, mala interpretación de lectura de planos: medidas, cortes, forma de la pieza, codificación de la pieza, error en el tamaño de los lotes de producción, mal alambrado de las piezas. Los errores anteriores, comparten la característica de que al no ejecutarse los pasos requeridos en el procedimiento o al haber confusiones en la labor y no ser corregidas, hace que se pierda la secuencia correcta del proceso productivo, propiciando no solo que las piezas no cumplan con los estándares requeridos sino que al mismo tiempo el operario acumule perspectivas erróneas del funcionamiento correcto del proceso.

En los errores temporales, se encuentran clasificados los errores de porcentaje de producto defectuoso asignado al producto diseñado, error en el set up de las máquinas, mal planteamiento del plan de producción de la planta (tiempos de producción) y tiempos de baño no estandarizados. Los errores mencionados comparten la característica que al no respetar los tiempos asignados en el proceso productivo con llevan a que las piezas no sean elaboradas correctamente o incluso que las piezas puedan verse afectadas en medio del proceso.

En los errores cualitativos, se clasificaron la falta de limpieza del puesto de trabajo, lo que dificulta la labor de las tareas, uso incorrecto del equipo de protección personal para trabajar en el área del proceso productivo más si la persona hace uso de lubricantes, aceites y agentes refrigerantes, falta de experiencia y conocimiento en el puesto de trabajo, interface hombre-máquina deficiente, la cantidad de stress presente en la persona que realiza la labor, la dificultad de la tarea puede aumentar la cantidad de errores si no se tiene estandarizada la actividad, deficiente Inspección de calidad del producto elaborado, intervención manual en los equipos, estando las máquinas operando y descuido de la máquina cuando es automática. Estos errores muestran que hay una falta de orientación de los operarios al proceso; es decir requieren de capacitaciones y de darles un seguimiento con medidas preventivas para poder efectuar el proceso productivo de la forma más correcta. Por lo tanto, al relacionar el trabajo de investigación con la literatura, se logra encontrar en un artículo del autor Unkauf, [5], indicando que existen dos enfoques relacionados a los fallos que se pueden presentar en una empresa producto del error humano. Dentro de ello, se encuentra el enfoque personal y el enfoque sistémico; el primero radica en buscar la mejora de las actitudes de los individuos; para esto se utilizan métodos como campañas de concientización, tomar medidas disciplinarias, o capacitaciones sobre como amortiguar los errores más frecuentemente cometidos. Por otro lado, el enfoque sistémico, el cual se basa en la comprensión del ser humano a cometer errores, incluso es más común en las personas con más experiencia y en las mejores organizaciones. Haciendo relación entre los tipos de error reportados en la literatura en la metodología THERP y el autor Unkauf, [5] y la investigación de la empresa Metalmecánica, se puede indicar que los errores clasificados en el tipo de error de omisión se pueden catalogar en el enfoque sistémico y los errores clasificados en el tipo de error de acción en el enfoque personal. Ambos sistemas de clasificación son parecidos y concuerdan con los errores identificados en la investigación.

A partir de la clasificación anterior, se adaptó los errores identificados a una metodología de Pareto, para establecer la criticidad de los errores identificados en el proceso productivo. Con éste método, se logró determinar cuáles eran los errores más críticos para todo el proceso productivo. Se sabe que existen errores con mayor impacto en el proceso que otros, esto lo determina la empresa y la naturaleza del error según THERP, para ello la empresa debe definir su propia escala de criticidad que esta puede ser con respecto a la cantidad de dinero que pierde cuando se presenta un error y no es detectado, la cantidad de reprocesos dentro

del sistema, cantidad de accidentes, en fin depende qué interés tiene la compañía y definir adecuadamente la criticidad, que puede ser o estar compuesta por varias dimensiones definidas por los expertos del proceso (Ver cuadro 3). El cuadro 3 contiene un resumen de la clasificación basada en criticidad económica, impacto de seguridad, criticidad de cliente final y una clasificación basada de alfa, beta y gama. (Alfa, muy crítico, beta crítico, gama no tan crítico). Se visualiza que los errores indicados con color rojo son los que presentan mayor criticidad; por lo que ésta clasificación de errores permite identificar cuáles son los errores de mayor incidencia que afectan el sistema productivo total. Cabe mencionar que los errores reportados en color amarillo a pesar de ubicarse en una escala de intermedia, se deben tratar para evitar que pasen a una escala de mayor criticidad. Muchos de estos errores se encuentran relacionados entre sí, por lo que si se implementan guías correctivas, se pueden mitigar en mayor proporción y con ello evitar que la producción de la empresa metalmecánica se vea afectada por esos factores y por ende sea rechazado en su totalidad por el cliente final. En cuanto a los errores indicados con color verde se puede indicar que a pesar de no ser críticos para la producción, se deben controlar para evitar que pasen a una categoría mayor. En éste caso, se podría indicar que con medidas de mejora se puede lograr la erradicación, pero siempre y cuando el sistema de la empresa trabaje en ello.

La normativa THERP plantea una serie de errores comunes que se presentan en procesos productivos de empresas enfocadas a la industria [8]. Esos errores son asociados a una probabilidad de ocurrencia lo que permite obtener las cuantificaciones de que tanto afecta ese error en un proceso. Los errores identificados en la empresa, se les comparó con los errores comunes que plantea la literatura. A partir de allí, se logró establecer a los errores identificados una probabilidad numérica para poder identificar en término de porcentaje cuales son los errores más críticos. Para éste análisis, se enfocó solo en los errores reportados como críticos según el sistema de clasificación planteado en la metodología. En el cuadro 4, se visualiza los errores críticos asignados a una probabilidad y a un código basado en la normativa THERP. Ese código describe cada error o grupo de errores empleados para efectuar la asignación de probabilidades. Algunos errores, al compartir la misma probabilidad y al estar muy relacionados, se les asignó una probabilidad en común. Cabe mencionar que estos errores relacionados fueron clasificados dentro de la opción de acción debido a que la mayoría se debe a la falta de aplicación incorrecta de secuencias de pasos o por la falta de dominio de las tareas sobre el área de trabajo.

Posteriormente, se plantea un árbol de probabilidades para obtener los porcentajes de afectación de los errores involucrados. Con base a este árbol, se identificó cuales rutas son las de mayor impacto para el proceso productivo. Ver figura 2. Este modelo de árbol, permite determinar en una forma cuantitativa a cuales rutas de probabilidades de ocurrencia de errores se les debe dar mayor atención. Cada rama representa la probabilidad de que ocurra un evento; en éste caso la incidencia de un error. Algunas rutas representan un porcentaje bastante bajo de afectación, por ejemplo los porcentajes inferiores a 4,3% no son muy representativos, pero si se toman las medidas pertinentes, se podría tratar de buscar alternativas que permitan disminuir ese porcentaje y el proceso sea más eficiente; sin embargo si se diera el escenario de la última ruta, que sería el más crítico el proceso se puede ver afectado muy drásticamente en un 80%. Lo anterior permite evidenciar que este porcentaje puede afectar toda la producción si no se atacan esos errores. Este método de cuantificación permite conocer los porcentajes y verificar qué tan crítico pueden ser los errores identificados, lo cual refleja que se deben dar prioridad a medidas preventivas, que permitan su disminución o mitigación en mayor proporción. Se indica, que la implementación de la metodología THERP, ayuda no solo a identificar errores si no a predecir cuanto me puede afectar procedimientos inadecuados en una actividad productiva.

**Cuadro 4** Errores críticos identificados en el proceso productivo de la empresa Metalmecánica.

Errores críticos	Código	Probabilidades	
Error en la confección de las dimensiones de las piezas a trabajar.	ECD	0,01	
La dificultad de la tarea puede aumentar la cantidad de errores si no se tiene estandarizada la actividad.	DTAE	0,1	
Uso inadecuado de los archivos de los programas correspondientes a los equipos.	UINP	0,003	0,003
No seleccionar adecuadamente el modo de operación.		0,003	UINP
Omisión de pasos del programa por exceso de experiencia.		0,003	
Error por la confusión de los colores de los planos según las etapas del proceso productivo.	ECMP	0,002	0,051
Mala interpretación lectura de planos: medidas, cortes, forma de la pieza, codificación de la pieza.		0,1	ECMP
Mal planteamiento del plan de producción de la planta (tiempos de producción)	MPPP	0,003	0,0515
Deficiente Inspección de calidad del producto elaborado.	DIC	0,1	MPDI

Fuente: Elaboración propia, Laboratorio de Ergonomía, Tecnológico de Costa Rica.

## Conclusiones

El error humano está asociado a muchas causas que deben ser analizadas desde el entorno interno y externo de la empresa hasta la capacidad emocional y física del individuo, para lograr la interacción adecuada hombre-máquina. Para la empresa Metalmecánica, el acumulamiento frecuente de errores, afectan notablemente el proceso. El realizar una tarea implica no solo el conocimiento teórico sino la orientación en la destreza de la labor, para que ésta pueda ser ejecutada con base a una serie de medidas de mejora enfocadas al proceso productivo.

Los tipos de error tanto de omisión, acción, selección, secuencia, temporal y cualitativo están presentes en todo tipo de industria y se quiere de estrategias organizacionales de mejora para lograr minimizarlos; ya que son errores que si no se logran controlar pueden afectar la producción y poner en riesgo la estabilidad de la empresa. Los operarios son una fuente importante de desarrollo para el crecimiento empresarial, y reflejan el crecimiento de una empresa; por lo que es necesario informarles sobre la necesidad de cumplir con medidas de protección, de reglamentación e incluso brindarles motivación y con ello fomentar la mejora continua en los procesos industriales [9]. La implementación de talleres y entrenamientos para los operarios es una alternativa productiva que mejora eficientemente el desempeño laboral y sistemático de una empresa [10].

No existen herramientas que puedan proporcionar información al analista en donde pueda determinar errores frecuentes y reincidentes en el proceso.

La metodología ABC, 123, ALFA,BETA,GAMMA permite mediante criterio experto definir fácilmente el impacto de los errores humanos encontrados en el proceso y determinar cuáles son de intervención inmediata

El método THERP, permite brindar un punto de partida para la empresa que no posee un registro detallado de la clase de errores humanos que se presentan en el proceso.



## Referencias

- [1] H. Bubb, "Human Reliability: A Key to improved Quality in Manufacturing, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing ", 2005, 15(4), pp. 353-368.
- [2] E. Zio, P. Baraldi, M. Librizzi, L. Podofillini, V. Dang, "A fuzzy set-based approach for modelling dependence among human errors", Fuzzy Sets and Systems, Science Direct, 2009, pp. 1947 – 1964.
- [3] Garvey M, Joglar F, Collins EP. HRA for detection and suppression activities in response to fire events. En: Annual Reliability and Maintainability Symposium. Colorado (Estados Unidos), 2014. p. 1-6. ISBN 9781479928491..
- [4] R. Pons, E. Villa González del Pino, Y. Bermúdez, "El análisis de fiabilidad humana en la mejora de procesos", 2013.
- [5] A. Unkauf, "Gestión sistemática del error", INNOTEC, Laboratorio Tecnológico de Uruguay, Gestión N° 4, 2012. Disponible en file:///D:/Usuarios/ksalas/Downloads/164-698-1-PB.pdf
- [6] T. Harvey, Reducir la frecuencia y gravedad del error humano: enfoque OP, 2013.
- [7] J. Sureda, NTP 620, "Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (II)", Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2003. Disponible en [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_620.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_620.pdf)
- [8] Stojiljković, E. The Application of an Event Tree For Human Error. Working and Living Environmental Protection Vol. 10, No 2, 2013, pp. 135 – 142.
- [9] Báez, A; Rodríguez, M; De la Vega, E Tlapa, D. Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje Manual. Información Tecnológica Vol. 24 N° 6 – 2013. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v24n6/art10.pdf>
- [10] Salvendy G. Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. New Jersey and Canada: John Wiley & Sons; 2012. 1689 p. ISBN 978-1-118-13149-7
- [11] asares-Li, R; Rodríguez Hernández, A; Viña-Brito, S. Análisis de errores humanos mediante la tecnología TEREH: experiencias en su aplicación. Ingeniería Industrial/ISSN 1815-5936/Vol. XXXVII/No. 1/enero-abril/2016/p. 49-58.