

Jorge Eduardo Gómez Pérez

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE FORMADO DE ACERO FIGURADO, EN EMPRESA ACEROS
DE GUATEMALA, MASAGUA, ESCUINTLA.



Asesor General Metodológico:
Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, mayo 2022.

Informe final de graduación.

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE FORMADO DE ACERO FIGURADO, EN EMPRESA ACEROS
DE GUATEMALA, MASAGUA, ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Jorge Eduardo Gómez Pérez

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería
Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022.

Informe final de graduación.

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE FORMADO DE ACERO FIGURADO, EN EMPRESA ACEROS
DE GUATEMALA, MASAGUA, ESCUINTLA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, mayo 2022.

Esta tesis fue presentada el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciado en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

Prólogo

De acuerdo a los estatutos y reglamento del programa de graduación de Universidad Rural de Guatemala y previo a obtener el título universitario de Ingeniería Industrial, en el grado académico de Licenciatura, se llevó a cabo el estudio “Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.” que pretende resolver el problema de variaciones en tiempos de fabricación de productos del proceso de formado de acero figurado.

Las variaciones en tiempos de fabricación de productos de acero figurado, conllevan a tener mal cálculo de tiempos de producción, de la misma manera afecta el control de los programas de producción y como resultado se pueden generar entregas fuera de tiempo, de lotes de producción.

Con la implementación del estudio de tiempos, se busca disminuir la pérdida de tiempo efectivo, mediante la estandarización de tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, el cual afecta directamente a la productividad del proceso y la capacidad de entrega en tiempo de los productos planificados, según la necesidades de los clientes tanto internos como externos.

Un proceso productivo estandarizado y controlado, permite el uso eficiente de los recursos materiales y humano con los cuales se dispone, lo que llevará a reducción de costo de producción y el aumento de la productividad del proceso, así como la satisfacción de los clientes internos y externos.

Se espera que este estudio sea una fuente de consulta, conocimientos y de utilidad práctica para los estudiantes y que el modelo pueda replicarse en otras empresas en la República de Guatemala o que pueda adaptarse en otras organizaciones de la misma naturaleza.

Presentación

Este trabajo de tesis titulado “Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.”, fue realizado de enero a marzo del año dos mil veintiuno en cumplimiento a los estatutos y programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala, y como requisito a obtener el título universitario de Ingeniería Industrial, en el grado académico de Licenciatura.

El informe final de graduación es un aporte enfocado a disminuir la pérdida de tiempo efectivo, en la fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado a través de la estandarización de tiempos de fabricación, que se lograra por medio de la implementación del estudio de tiempos en el proceso productivo.

La elaboración del presente informe se realizó mediante el diagnóstico y análisis del problema central, se utilizó la técnica del árbol de problemas para establecer las causas y efectos que generan la problemática; posteriormente se establecieron los objetivos y medios de solución, al pasar el árbol de problemas a positivo.

El medio de solución que es Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, consta de tres resultados que son: contar con la unidad ejecutora, disponer de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado y contar con el programa de capacitación al personal involucrado.

Para la elaboración del informe de investigación, la Universidad Rural de Guatemala, de acuerdo con los preceptos constituidos por la misma, creó los procedimientos y lineamientos adecuados, los que han servido como base para el desarrollo de esta investigación.

Índice

Contenido	Página
Prólogo	
Presentación	
I. ÍNTRODUCCION.....	1
I.1 Planteamiento del problema.....	3
I.2 Hipótesis.....	4
I.3 Objetivos.....	4
I.3.1 General.....	4
I.3.2 Específico.....	4
I.4 Justificación.....	5
I.5 Metodología.....	6
I.5.1 Métodos.....	6
I.5.2 Técnicas.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	10
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	72
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
IV.1 Conclusiones.....	83
IV.2 Recomendaciones.....	84
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1: Tiempos considerados en el control de tiempos.....	12
Tabla 2: Método de obtención del acero.....	16
Tabla 3: Clasificación del acero por grupo de aleación.....	17
Tabla 4: Ejemplo de clasificación del acero según SAE.....	17
Tabla 5: Elementos de doblado con relación al diámetro de las barras de acero.....	27
Tabla 6: Elementos de doblado con relación al diámetro de las barras de acero.....	35
Tabla 7: Control de tiempos para el proceso de formado de acero figurado....	38
Tabla 8: Indicadores de la pérdida de tiempo efectivo en el proceso de Formado de acero figurado.....	39
Tabla 9: Formato para el análisis de falla o tratamientos de fallas.....	45
Tabla 10: Formato para el análisis de falla los cinco porqués.....	46
Tabla 11: Formato para el análisis de falla diagrama de Ishikawa.....	47
Tabla 12: Formato para el plan de acción.....	48
Tabla 13: Calculo del tiempo estándar.....	49
Tabla 14: Información significativa para registro de tiempos.....	58
Tabla 15: Registro de lecturas con cronometro decimal de minutos.....	61
Tabla 16: Guía para determinar el número de ciclos a estudiarse.....	62

Tabla 17: Guía para determinar el número de ciclos a estudiarse.....	62
Tabla 18: Destreza o habilidad.....	66
Tabla 19: Esfuerzo o empeño.....	67
Tabla 20: Condiciones.....	67
Tabla 21: Consistencia.....	68
Tabla 22: Márgenes o tolerancias (Oficina Internacional del Trabajo).....	68
Tabla 23: Aplicación de márgenes o tolerancias.....	71

Índice de ilustraciones

Contenido	Página
Ilustración 1: Fundición de chatarra en horno de arco eléctrico.....	15
Ilustración 2: Clasificación de los aceros.....	16
Ilustración 3: Barra de acero corrugado.....	18
Ilustración 4: Esfuerzo de tracción, compresión y flexión.....	22
Ilustración 5: Deformación elástica y plástica.....	23
Ilustración 6: Máquina cortadora de barras de acero Shearline 150.....	26
Ilustración 7: Máquina dobladora de barras de acero P45 PRO.....	27
Ilustración 8: Espiraladora de barras de acero Cer 40 - calandradora de barras.....	28
Ilustración 9: Conjunto de ruedas de enderezado de barras de acero Reta 13- enderezadora automática.....	29
Ilustración 10: Conjunto de cizallas de corte de barras de acero Reta 13- enderezadora automática.....	30
Ilustración 11: Materia prima- rollos de barras corrugadas.....	30
Ilustración 12: Materia prima y consola de mando de sistema operativo- máquina formadora-Coil 16 3D.....	31
Ilustración 13: Sistema de enderezado máquina formadora-Coil 16 3D.....	32
Ilustración 14: Sistema de corte y doblado- máquina formadora-Coil 16 3D...	32
Ilustración 15: Conjunto de ruedas de arrastre Coil 16 3D.....	33

Ilustración 16: Materia prima del proceso de formado de acero figurado.....	34
Ilustración 17: Relación de causas en una falla.....	43
Ilustración 18: Elementos que componen el tiempo estándar.....	49

Índice de cuadros

Contenido	Página
Cuadro 1: Conocimiento si existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	73
Cuadro 2: Conocimiento si en la empresa se han tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado.....	74
Cuadro 3: Conocimiento de cuantas horas es la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	75
Cuadro 4: Conocimiento de la causa de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	76
Cuadro 5: Conocimientos sobre si es posible reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	77
Cuadro 6: Conocimiento sobre la existencia de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	78
Cuadro 7: Conocimiento sobre la necesidad de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	79
Cuadro 8: Conocimiento sobre las acciones que se deben contemplar al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	80

Cuadro 9: Conocimiento sobre si la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas..... 81

Cuadro 10: Conocimiento sobre si se contempla dentro de la planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa..... 82

Índice de gráficas

Contenido	Página
Gráfica 1: Conocimiento si existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	73
Gráfica 2: Conocimiento si en la empresa se han tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado.....	74
Gráfica 3: Conocimiento de cuantas horas es la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	75
Gráfica 4: Conocimiento de la causa de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	76
Gráfica 5: Conocimientos sobre la posibilidad de reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.....	77
Gráfica 6: Conocimiento sobre la existencia de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	78
Gráfica 7: Conocimiento sobre la necesidad de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	79
Gráfica 8: Conocimiento sobre las acciones que se deben contemplar al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.....	80
Gráfica 9: Conocimiento sobre si la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas.....	81

Gráfica 10: Conocimiento sobre si se contempla dentro de la planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa..... 82

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación nace del problema central definido a través del Método Científico y Método del Marco Lógico que es “Variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”.

La causa principal de este problema es “Inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”; actualmente por la inexistencia de la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso, se tienen pérdidas de tiempo efectivo en fabricación de productos. Por ello se propone como medio de solución la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

Con la implementación del estudio de tiempos se propone alcanzar el objetivo general de esta tesis, el cual consiste en “Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”, lo que dará también como resultado el incremento de la productividad del proceso productivo.

El objetivo específico es: “Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”.

De la problemática anterior a través de la metodología diseñada para el efecto, se pudo establecer la hipótesis de este trabajo, y obtener valiosa información de campo, que se obtuvieron a través de los métodos de análisis, síntesis y estadístico las conclusiones y recomendaciones.

Este trabajo se encuentra integrado por cuatro capítulos estructurados así:

Capítulo I. Comprende la introducción, el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos generales y específicos, la justificación, el método científico y marco lógico, los cuales sirvieron para desarrollar el árbol del problema y objetivos, adicionalmente el método deductivo para identificar la problemática.

Capítulo II. Formado por el Marco Teórico en donde se encuentra en general todos los aspectos conceptuales del tema: conceptos, definiciones y categorías.

Capítulo III. Lo integra la Presentación y Análisis de Resultados, realizados en coordinación y analogía referente a la información obtenida en campo y mediante la aplicación de los conocimientos en el tema de optimización de procesos necesarios dentro de la empresa en apoyo a la disminución de la pérdida de tiempo efectivo en el proceso de formado de acero figurado.

Capítulo IV. Esta parte culmina con las Conclusiones, (los alcances y limitaciones del estudio realizado en forma concreta y directa); y Recomendaciones (emitir juicios determinantes que puedan contribuir al desarrollo del conocimiento). Para finalizar con la biografía de las diferentes fuentes utilizadas y anexos correspondientes.

Se desarrolla la propuesta de solución al problema, así:

Resultado 1. Se cuenta con la Unidad Ejecutora que es el departamento de producción de la empresa.

Resultado 2. Se dispone de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

Resultado 3. Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado.

I.1 Planteamiento del problema

Durante el periodo y desarrollo de la investigación se identificó que existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos de acero figurado, lo cual impacta negativamente el proceso del figurado del acero de la empresa, al identificar el problema central, el cual es “variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años.” Se verificó que la causa principal es la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

La pérdida de tiempo efectivo afecta negativamente al proceso productivo de empresa Aceros de Guatemala, ya que el aumento de la pérdida de tiempo efectivo año tras año, genera ineficiencias en el proceso, aumentado los tiempos de producción por cada tipo de productos de acero figurado, generado mayores costos de producción.

La pérdida de tiempo efectivo se genera cuando se emplea tiempo destinado para la producción, en tareas que son ajenas al proceso productivo y no tienen como fin producir.

Las variaciones en tiempos de fabricación de productos de acero figurado, conllevan a tener mal cálculo de tiempos de producción en el área de acero figurado, de la misma manera afecta el control de los programas de producción y por tanto se tienen entregas fuera de tiempo de lotes de producción.

La inexistencia de implementación del estudio de tiempos no permitirá optimizar el proceso de formado de acero figurado, por lo que el efecto principal seguirá en aumento.

I.2 Hipótesis

La hipótesis se definió por medio de la Metodología del Marco Lógico con la cual se pudieron establecer la causa y el efecto de la problemática, diagramadas en el árbol de problemas (anexo 1) de este trabajo.

“La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”.

¿Será la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, la causante de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación?

I.3 Objetivos

Los objetivos de la investigación se pudieron establecer convirtiendo el efecto del problema en el objetivo general y el problema central en el objetivo específico, en otro sentido se convirtió el árbol de problemas de una situación negativa a una situación positiva, los objetivos quedaron diagramados en el árbol de objetivos (anexo No. 1) de este trabajo, los cuales se definen así:

I.3.1 General

Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.3.2 Específico

Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.4 Justificación

Debido al aumento de pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años. La empresa no cuenta con estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, por lo tanto, es de suma importancia implementar estudio de tiempos, ya que ello contribuirá a disminuir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos en un 68% en referencia a los resultados del año 2021, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

Al solucionar el problema con la propuesta de solución planteada, la empresa lograra el cumplimiento de sus objetivos establecidos, ya que contara con estudio de tiempos en el área de formado de acero figurado, además de estandarizar tiempos de fabricación de productos, los programas de producción se realizaran con mayor certeza y menor margen de error, se podrá optimizar el uso de mano de obra, lo que aumentara la satisfacción de los clientes internos como externos, al fabricar sus productos en el tiempo programado.

La propuesta de solución incluye el programa de capacitación al personal involucrado en el proceso productivo, lo que mejorará la efectividad de la propuesta de solución, ya que se contará con personal capacitado en los temas de reducción de pérdida de tiempo efectivo y estandarización de tiempos de producción, en el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

En caso contrario, si no se implementa el estudio de tiempos de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, seguirá el aumento de pérdida de tiempo efectivo en un 29% al cabo de 5 años, en referencia a los resultados del año 2021, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.5 Metodología

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

I.5.1 Métodos

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el **deductivo**, el cual permitió conocer aspectos generales del área de formado de acero figurado de la empresa Aceros de Guatemala. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en el área de formado de acero figurado, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los empleados y jefaturas de tal área; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como el departamento de mantenimiento integrado, proveedores, asesoría técnica, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin

de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las **fichas bibliográficas** utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal de los departamentos de Gerencia General y Producción de la empresa, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Al tener una visión más clara sobre la problemática del área de formado de acero figurado, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el **método del marco lógico**, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. (La graficación de la hipótesis se encuentra en el anexo 1).

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”.

El método del marco lógico, nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

1.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el **método inductivo**, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 profesionales que laboran para los departamentos de Gerencia General y Producción de la empresa; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el **método de estadístico y el método de análisis**, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que poseyeron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el **método de síntesis**, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (I.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II. MARCO TEÓRICO

Tiempo efectivo

En una empresa el tiempo efectivo es el lapso de tiempo que existe entre el inicio y fin de una jornada de trabajo. Durante este lapso de tiempo se realizan distintas actividades, muchas de las cuales no están enfocadas en las actividades que la empresa necesita (producir), las actividades no productivas pueden ser provocadas por causas ya sean internas o externas, por decisiones de gerencia o bien por el mal manejo del tiempo disponible (Fonseca, 2019).

Se puede decir que “el tiempo efectivo de trabajo, es aquel en el que el trabajador permanece bajo las órdenes de un patrono” (Ministerio de trabajo y previsión social, pág. 52).

Se consideran como horas efectivamente trabajadas, cuando el trabajador dedica un periodo de tiempo (jornada laboral) para realizar actividades puramente laborales, dirigidas por un patrono (Conferencia Internacional del Trabajo 107A reunión, 2018).

Conocer el tiempo efectivo de trabajo con el que se dispone, es indispensable para fijar un programa de actividades enfocadas al requerimiento de producción (metas productivas), las cuales se le solicitarán a cada empleado de acuerdo a su capacidad y con base a su jornada laboral (Fonseca, 2019).

Dentro del tiempo efectivo también se debe considerar el tiempo extra, debido a que una jornada de trabajo puede incrementar en relación a la necesidad del cumplimiento del programa de producción, la jornada puede aumentar hasta 4 horas para un máximo de 12 horas diarias, esto en común acuerdo entre empleador y trabajador (Fuentes, 2019).

Indicadores de la pérdida de tiempos efectivos

Para tener una visión clara de cómo funciona un proceso productivo, su ritmo de producción, y los tiempos empleados por tarea, es indispensable tener implementados controles administrativos que informen de manera eficiente y eficaz como se encuentra el proceso productivo en cada momento, a estos se les conocen como “indicadores de producción” (Fonseca, 2019).

Cuando se trata de indicadores, a menudo se dice que, lo que se mide se hace. Parte de esto es la naturaleza humana, los indicadores que tienen la atención de los líderes de negocios y de manufactura tienden a ser aquellos indicadores que los equipos de empleados miden y mejoran (Davidson, 2013).

Los indicadores de producción proporcionan de manera resumida y acumulada el comportamiento de ciertas actividades que se necesitan medir, para poder analizarlos y verificar el cumplimiento de las metas asignadas, y en caso no se cumplan las metas, poder detectar el problema y plantear una solución (Fonseca, 2019).

Por esta razón, los indicadores deben estar alineados con metas y objetivos más grandes, alineados a los objetivos "inteligentes" que suelen ser específicos, medibles, utilizables, realistas, basados en el tiempo (Davidson, 2013).

Cuando los programas de producción no se cumplen, normalmente se debe a la materialización de factores que impactan negativamente al cumplimiento de las metas de producción, mismos que reducen el tiempo efectivo de trabajo. Para evaluar estos factores, es necesario analizar los controles administrativos que estén implementados en la empresa (indicadores), esto con el fin de encontrar la causa del problema (Fonseca, 2019).

En los controles administrativos deben estar registradas las razones por las cuales no se cumplió con el programa de producción, es ahí donde cada operador de acuerdo a su experiencia debe conocer y diferenciar las razones de la pérdida de tiempo efectivo (Fonseca, 2019).

Para esto es necesario conocer las diferentes formas en que se pierde el tiempo efectivo, por lo cual, definir estas formas es primordial. Al conocer esto, permite tomar las mejores decisiones orientadas a reducir la pérdida de tiempo efectivo y mejorar la productividad de una empresa, evidenciado con el cambio de los resultados de los indicadores de negativos a positivos (Fonseca, 2019).

En un proceso de producción suelen existir diversas interrupciones, ya sea causadas por la maquinaria, por los empleados, por causas internas o externas, por ello es importante definir las interrupciones de acuerdo a cada área, con el fin que los indicadores que impacte positivamente, y que ayuden a medir lo que realmente se necesita. Por ello es preciso clasificar las interrupciones, para obtener un mejor panorama de lo que afecta el proceso productivo, y con base a esto tomar las mejores acciones para disminuirlas y aumentar la utilización del tiempo efectivo de trabajo (Vallejos, 2019).

Control de tiempos

Según Walter Ríes (Ríes, 2007) el control de tiempos puede ser aplicado para un equipo individual, un proceso o incluso un conjunto de procesos.

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación de distintos tiempos que se utilizan en el control de tiempos.

Tabla 1: Tiempos considerados en el control de tiempos.

Tiempo calendario (C)					
Tiempo programado total (PT)				Causas Externas (E)	Tiempo Libre (L)
Tiempo programado p/producción (PP)			Paradas Programadas (P)		
Tiempo útil (U)	Quiebra ritmo (r)	Interrupción (I)			

Fuente: (Ríes, 2007, pág. 1)

Tiempo calendario (C): es el total de horas disponibles de un mes en curso, 24 horas de un día, por los días del mes en que se realizara la medición.

Causas externas (E): es el tiempo medido en horas en el que las máquinas dejan de producir por motivos ajenos a la unidad industrial, dentro de este tipo de causas se considera la falta de suministro eléctrico, falta de gases, estos por parte del proveedor, los fenómenos naturales, las epidemias que imposibiliten la operación de los equipos. (Ríes, 2007).

Tiempo libre (L): es el tiempo medido en horas en el que las máquinas no son utilizados para producir, aun en condiciones para hacerlo, esto por decisión de la unidad industrial. (Ríes, 2007).

Tiempo programado total (PT): es el tiempo (horas) programado para la producción y para las paradas programadas, también se conoce como el tiempo efectivo de una jornada laboral. (Ríes, 2007).

Tiempo programado para producción (PP): son las horas destinadas para la ejecución del programa de producción, se excluye el tiempo para las paradas programadas.

Paradas programadas (P): es el tiempo programado para los paros de maquinaria para mantenimientos, cambios o reformas, necesarios para el buen funcionamiento del equipo. Las paradas programadas se caracterizan por ser previstas, para que se considerada como programada se realizan con 24 horas de anticipación (Ríes, 2007).

Según Walter Ríes (Ríes, 2007) cuando una parada programada excede el tiempo previsto, el excedente debe considerarse como un parada programada, ya que no existía un equipo en operación, caso contrario, cuando la parada programada es menor al tiempo previsto, se debe considerar como tiempo útil si el equipo inicia operación, si el equipo no inicia operación se debe considerar como tiempo libre o como causa externa, según las definiciones anteriormente citadas.

Interrupciones (I): “son las paradas que interrumpen la operación de la línea de forma imprevista. Lo que caracteriza una interrupción es el hecho de que la línea estaba en operación y para por un motivo imprevisto. Pueden ser operacionales o de mantenimiento.” (Ríes, 2007, pág. 3).

Quiebra de ritmo (r):

La quiebra de ritmo es caracterizada por una operación del equipo a bajo o arriba del Estándar de Producción Horaria (EPH) definido para el binomio equipo/producto. Las quiebras de ritmo positivas significan que se opera con un ritmo menor que el estándar y las quiebras de ritmo negativas ocurren cuando el estándar es ultrapasado. En este caso, un nuevo Estándar de Producción Horaria (EPH) debe ser establecido. Con el nuevo estándar, la quiebra de ritmo deberá dejar de ser negativa. (Ríes, 2007, pág. 4)

Tiempo útil (U):

Son las horas en que el equipo opera sin interrupciones y en su ritmo y producción horaria estándares. El tiempo útil es obtenido por la división de la producción real obtenida en el Tiempo Programado para Producción por el Estándar de Producción Horaria (EPH) (Ríes, 2007, pág. 5).

Acero

“El acero es una aleación de Hierro (Fe) y Carbono(C) en un porcentaje de entre un 0.03 y un 1.67 %. Su temperatura de fusión varía entre los 1,400°C y los 1,500°C, dependiente del tanto por ciento de Carbono (C) que contenga” (Soreano & Ferrer Ruiz, 2014, pág. 15).

Es importante mencionar que el acero no es lo mismo que el Hierro (Fe), puesto que la principal diferencia se encuentra en la cantidad de Carbono (C). Con la adición de Carbono (C) y otros elementos, metálicos como no metálicos, las propiedades

fisicoquímicas mejoran, sobre todo su resistencia (Asociación Latinoamericana del Acero, 2019).

Ilustración 1: Fundición de chatarra en horno de arco eléctrico



Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 2019).

Los metales y las aleaciones empleadas en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos principales grupos: materiales ferrosos y no ferrosos. Ferrosos son aquellos materiales que contienen Hierro (Fe) como su principal ingrediente, mientras los no ferrosos son aquellos que no contienen Hierro (Fe), entre los que se pueden mencionar Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Aluminio (Al) y otros elementos metálicos.

Clasificación del Acero

La SAE (Society of Automotive Engineers), fue la primera que reconoció la necesidad y adoptó un sistema para clasificar los aceros. Después AISI (American Iron and Steel Institute) adoptó un sistema similar. Los números de especificación para el acero son iguales en SAE y AISI únicamente la diferencia radica en que AISI utiliza los prefijos B, C, D y E para indicar el método de obtención del acero (Zapata, 2013, pág. 6).

La unión del acero con otros elementos como Cobalto (Co), el Azufre (S), el Cromo (Cr), el Molibdeno (Mo), el Plomo (Pb), el Silicio (Si) y el Wolframio (W), produce diversos tipos de acero, los cuales varían en características y propiedades.

La clasificación del acero consta de 4 dígitos, la cual indica el tipo de acero, AISI adicional a los 4 dígitos incluye una letra después de los dos primeros dígitos, como por ejemplo la nomenclatura 94B40 hacer referencia a un tipo de acero que tiene añadido Boro(B) (Zapata, 2013).

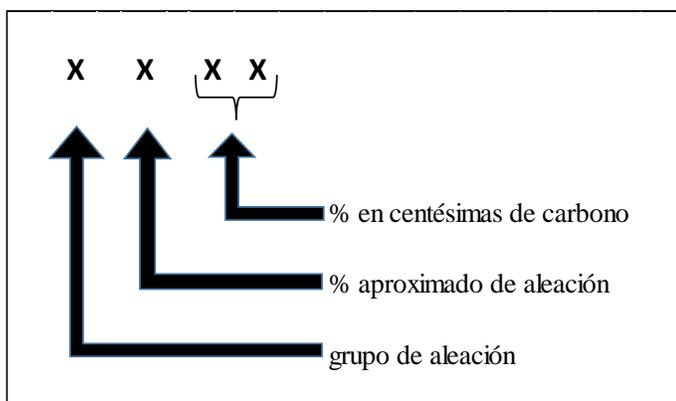
Tabla 2: Método de obtención del acero.

B: Acero Bessemer ácido al Carbono
C: Acero Martin - Siemens básico al Carbono
D: Acero Martin - Siemens ácido al Carbono
E: Acero de horno eléctrico

Fuente: (Zapata, 2013, pág. 6).

Los aceros de baja aleación son clasificados por una nomenclatura formado de cuatro dígitos según SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) o de cuatro dígitos y una letra.

Ilustración 2: Clasificación de los aceros.



Fuente: (Zapata, 2013, pág. 7).

Grupo de aleación: indica cuales son los elementos principales de la composición del acero. La clasificación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación del acero por grupo de aleación.

Dígito	Descripción de elementos
1	Acero al Carbono
2	Acero al Níquel
3	Acero al Níquel – Cromo
4	Acero al Molibdeno – Cromo
5	Acero al Cromo
6	Acero Cromo Vanadio
7	Acero al Tungsteno
8	Acero Cromo Níquel Molibdeno
9	Acero Silicio Manganeso

Fuente: (Zapata, 2013, pág. 7).

El segundo dígito indica el porcentaje aproximado de los elementos predominantes en la aleación. El tercer y cuarto número, juntos indican la cantidad aproximada de Carbono (C) que contiene el acero (Zapata, 2013).

En la siguiente tabla se muestran algunas clasificaciones del acero según SAE.

Tabla 4: Ejemplo de clasificación del acero según SAE.

Nomenclatura	Grupo de aleación	% aproximado de aleación	% de carbono
SAE 1020	Acero al Carbono	0%	0.20%C
SAE 1045	Acero al Carbono	0%	0.45%C
SAE 2315	Acero al Níquel	3%Ni	0.15%C
SAE 2340	Acero al Níquel	3%Ni	0.40%C
SAE 3240	Acero Níquel Cromo	1.75%Ni, 1.0%Cr	0.40%C
SAE 4140	Acero al Mo – Cr	1%Cr, 0.20%Mo	0.40%C
SAE 4340	Acero al Mo – Cr	1.85%Ni, 0.80%Cr, 0.25%Mo	0.40%C

Fuente: Gómez, J. (2019).

Aceros al carbono

Es el tipo mayoritario de acero. En esta división no debe superarse el 1.67% de Carbono (C) y tampoco debe superarse el 1% de otros elementos importante como lo son el Silicio (Si) o Manganeso (Mn) (Domínguez & Ferrer, 2014).

Ilustración 3: Barra de acero corrugado



Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 2019).

Aceros aleados

Los aceros aleados son aquellos en los que el porcentaje de Carbono (C) no supera el 1% y en los que se han añadido elementos químicos para dotarlo de mejores propiedades. La adición de estos elementos en cantidades entre el 1 y el 5% proporciona al acero una serie de propiedades que mejora sus características técnicas. Los principales elementos utilizados en las aleaciones del acero son el Cobalto (Co), el Azufre (S), el Cromo (Cr), el Molibdeno (Mo), el Plomo (Pb), el Silicio (Si) y el Wolframio (W) (Domínguez & Ferrer, 2014).

Estructurales: “aceros diseñados para la fabricación de estructuras de edificios y de componentes para máquinas. Los componentes principales son Hierro (Fe) y Carbono (C). Cuanto más Carbono (C) se añade a la aleación, mayor es la resistencia y disminuye la ductilidad del producto acabado” (CEO, 2019).

Para herramientas: este tipo de acero contiene aleaciones muy pequeñas, donde la baja templabilidad es una de sus mejores características (Guliáev, 1978).

Especiales: “de gran dureza y alta resistencia a las temperaturas altas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, ejes, rodamientos, engranajes, por su contenido de cromo generalmente mayor al 12%” (CAP S.A., 2000).

Aceros inoxidable

El acero inoxidable tiene como características principales gran dureza y resistencia a la oxidación y al desgaste. Los elementos principales de los aceros inoxidables son Carbono (C), Cromo (Cr) y Níquel (Ni) (Domínguez & Ferrer, 2014).

Utilidades del acero

“El acero se encuentra presente en gran parte de los objetos que nos rodea en la vida cotidiana. Pero, además, juega un rol crucial en nuestra vida moderna pues es un material indispensable para la fabricación de la maquinaria” (Asociación Latinoamericana del Acero, 2019).

El uso del acero en la vida cotidiana es diversa, tanto que no se puede concebir una sociedad humana moderna sin este material, como ejemplos se puede mencionar: la estructura de la pirámide del museo de Louvre, las latas de conserva, las plataformas petroleras, las cámaras catalíticas, los clips de las oficinas, y los soportes de los circuitos integrados, todos los objetos anteriores mencionados, son de acero (Metaldeck, 2004).

“El acero está presente en los automóviles, camiones, autobuses, vagones, barcos, bicicletas o motos. Transporta gente y mercancías, conecta ciudades y conduce cargas” (Asociación Latinoamericana del Acero, 2019).

La industria automotriz es otra gran consumidora de acero, puesto que gran variedad de sus piezas son fabricadas de acero.

El acero se usa ampliamente en la construcción civil como parte principal o complementaria de las obras. Los sistemas constructivos en acero otorgan gran libertad a los proyectos arquitectónicos: mayores áreas útiles, compatibilidad con otros materiales, menores plazos de ejecución, racionalización de los materiales y la mano de obra, calidad, precisión (Asociación Latinoamericana del Acero, 2019).

Los componentes que ayudan a la formación del acero existen con suficiente abundancia en la naturaleza, lo que facilita su producción a gran escala. Su disponibilidad y variedad lo hacen útil para números usos como los anteriores mencionados y muchos otros, esto contribuye al desarrollo tecnológico que los países industrializados buscan, ya que ningún material es tan resistente cuando se trata de impacto o fatiga como lo es el acero (Metaldeck, 2004).

La industria del acero es muy amplia y en la actualidad existen varias empresas dedicadas a la explotación del acero. Una de las principales en Guatemala es Corporación Aceros de Guatemala, la cual se dedica a la fabricación de productos de acero, que va desde la fundición, laminación hasta la elaboración de productos comercializables como son: varillas corrugadas, malla electrosoldada, variedad de clavos, alambre de amarre, alambre espigado y acero figurado, entre otros (Metaldeck, 2004).

Acero Figurado

Definición

El proceso de corte y doblez (figurado) consiste en fabricar un producto de acuerdo a especificaciones del despiece o plano estructural de cada proyecto. Por medio de un software especializado se realiza la orden

de producción para entregar un producto y poder satisfacer los requisitos de una industria moderna de la construcción, donde los materiales son despachados a obra justo a tiempo, a fin de evitar inconvenientes de almacenamiento, desperdicio y sobre todo mejorar el flujo de caja del proyecto. (NOVACERO, 2018).

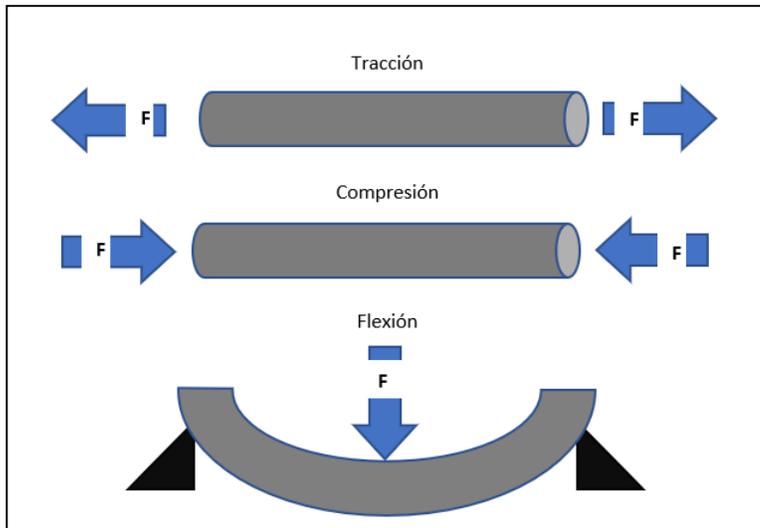
Tipos de esfuerzos a los que están expuestas las barras de acero.

Tracción: son las fuerzas opuestas que actúa sobre un objeto y por lo tanto tienden a estirarlo. Su unidad de medida es el pascal (Pa), megapascal (MPa) (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Compresión: Son las fuerzas que actúan sobre un objeto y por lo tanto tienden a aplastarlo. Los pilares y columnas son ejemplos de ello. Su unidad de medida es el pascal (Pa), megapascal (MPa) (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Flexión: son las fuerzas que actúan sobre un objeto y por lo tanto tiendan a doblarlo. A este tipo de esfuerzo se ven sometidas las vigas de estructuras. Su unidad de medida es el pascal (Pa), megapascal (MPa) (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Ilustración 4: Esfuerzo de tracción, compresión y flexión.



Fuente: Gómez, J., mayo 2019

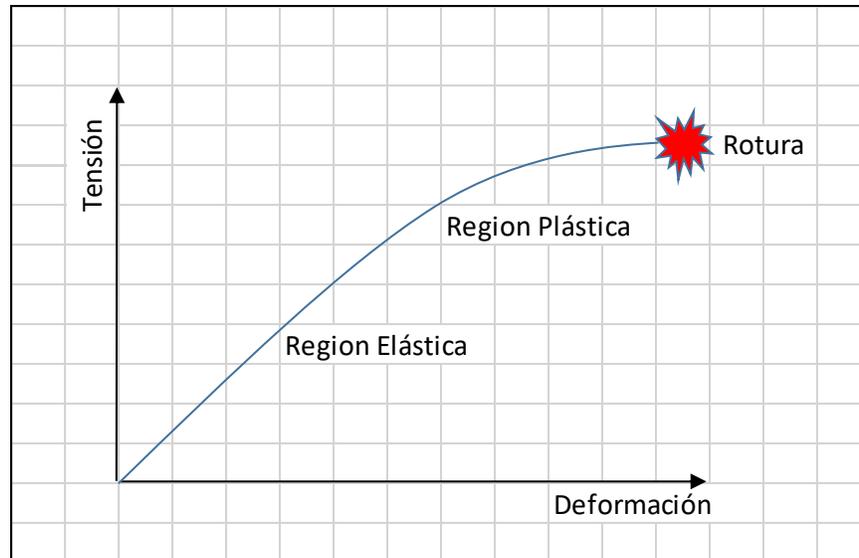
El acero es un material muy utilizado en la industria del acero figurado, dadas sus características elásticas y plásticas, permiten la fabricación de piezas de distintas geometrías, donde la deformación plástica es la clave para lograr que el acero consiga la forma deseada, sin que esté vuelva a su forma original.

Cuando un metal es sometido a fuerzas, varía su red cristalina y se originan dos tipos de deformaciones:

Deformación elástica: los átomos del metal sufren una deformación, pero recuperan su posición original al detener el esfuerzo (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Deformación plástica: los átomos del metal sufren una deformación, pero no recuperan su posición original al detener el esfuerzo (Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Ilustración 5: Deformación elástica y plástica



Fuente: Gómez, J. mayo 2019.

Fundamentos del acero figurado.

Lograr que los metales consigan una forma deseada puede lograrse de distintas maneras, se pueden aplicar esfuerzos de compresión, flexión o tensión, con lo cual se logra romper el límite elástico de los metales, y con ello conseguir una deformación plástica.

Para lograr una formación exitosa del acero, es necesario que el acero cuente con las siguientes propiedades:

Baja resistencia a la fluencia: el límite de fluencia es el punto donde los materiales pasan de elásticos a Plásticos, dicho de otra forma, es el punto donde los materiales se deforman permanentemente (Zapata, 2013).

Alta ductilidad: la ductilidad es la propiedad de un material que le permite deformarse plásticamente si sufrir rupturas en su estructura, es la capacidad de los materiales de absorber sobrecargas (Zapata, 2013).

La formación del acero en frío se ve afectada por los factores velocidad y fricción, los cuales afectan directamente el desempeño del formado del acero. La formación en frío causa que el acero aumente su resistencia debido al endurecimiento por deformación, por otra parte, si el acero es formado en caliente el material mantiene su nivel de resistencia, ya que no ocurre endurecimiento por deformación, esto se logra cuando el acero es formado a una temperatura mayor del punto de recristalización (400° a 700°) (Schafer, 2013).

Procesos del acero figurado

El proceso del acero figurado del acero incluye múltiples procesos de manufactura, los cuales buscan romper el límite elástico y conseguir una deformación plástica. Estos procesos en la industria del acero suelen clasificarse por el tipo de trabajo realizado a los materiales, los cuales son: corte, doblado, espiralado, enderezado, y formado (Fuentes, 2019)

La materia prima utilizadas en su mayoría suelen ser barras corrugadas que van desde diámetros de 3/8” hasta 1 3/8” y varillas lisas de 5.50 mm y 6.00 mm, cabe mencionar que estos materiales, por ser destinados para la industria de la construcción, están sujetos a la Norma ASTM A615-GRADO 60.

Corte de barras de acero

Proceso de manufactura que consiste en cortar el acero a medida, esto se logra con la utilización de herramientas manuales, equipos de oxicorte, cortadoras laser o máquinas industriales, las cuales deben de tener la suficiente fuerza para lograr la ruptura del acero (Fuentes, 2019).

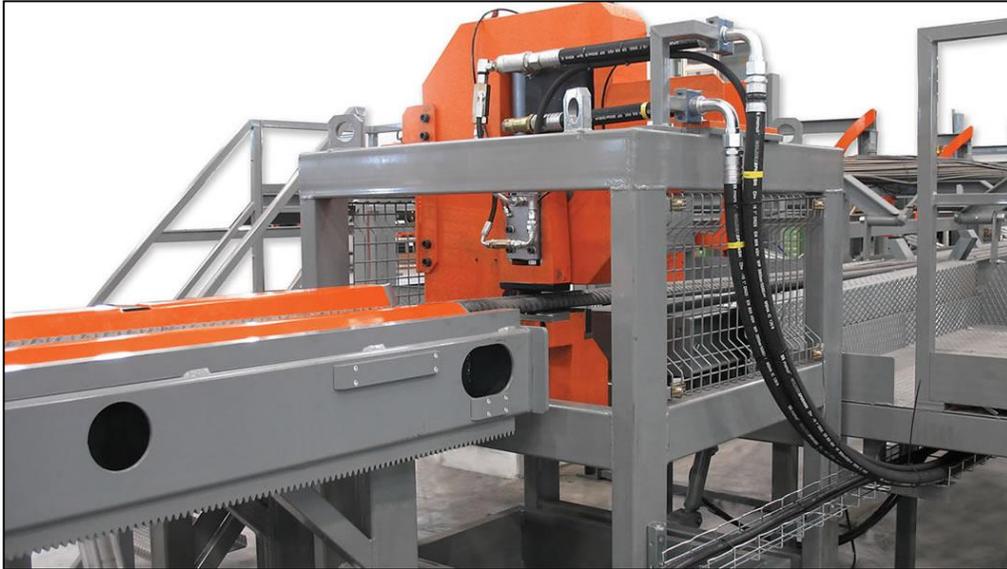
Elegir el método ideal para el corte del acero dependerá de múltiples factores que van desde el costo deseado hasta capacidad de corte con relación al esfuerzo necesario para lograr el corte del material.

El uso de herramientas manuales suele ser de bajo costo, ya que únicamente necesitan el factor humano para ser utilizadas, sin embargo, este método suele ser un poco lento. Este método de corte suele utilizarse para barras de acero de diámetros pequeños, que van desde ¼” hasta 5/8”, arriba de este diámetro el corte no puede ser ejecutado por las herramientas de corte manual ya que necesitarían un esfuerzo humano muy elevado, y se corre el riesgo que las herramientas se dañen (Fuentes, 2019).

El corte del acero por medio del equipo de oxicorte suele ser muy común en las obras de construcción, ya que permite realizar cortes de forma inmediata y sin restricción de diámetros, sin embargo, los costos asociados al oxígeno y acetileno suelen ser elevados (Fuentes, 2019).

Las máquinas industriales suelen ser la mejor opción, cuando lo que se requiere es un alto volumen de producción, tiempos de producción reducidos y longitudes de corte exactas. En la actualidad existen múltiples máquinas diseñadas para el corte del acero, su funcionamiento suele estar compuesto por un sistema hidráulico y un conjunto de cuchillas de alta dureza, las cuales logran el corte del acero de forma rápida y sencilla (Fonseca, 2019).

Ilustración 6: Máquina cortadora de barras de acero Shearline 150.



Fuente: (Schnell, 2019).

Doblado de barras de acero

Proceso de manufactura que busca romper el límite elástico y lograr una deformación plástica por medio de elementos de doblado, estos elementos suelen conocerse como bulones y lágrimas, los cuales son piezas metálicas en forma cilíndrica, que sirven como molde para que el acero tome la forma de estos elementos (Fuentes, 2019)

Los elementos de doblado poseen diferentes diámetros, los cuales suelen asociarse al diámetro de la barra de acero que se desea doblar, según se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 5: Elementos de doblado con relación al diámetro de las barras de acero.

Diámetro de la barra de acero (en milímetros)	Diámetro de la barra de acero (en pulgadas)	Diámetro del elemento de doblado (en milímetros)
6.4	1/4	15-30
9	3/8	40
12.7	1/2	50
15.9	5/8	70
19.1	3/4	100
22.2	7/8	120-150
25.4	1	150
28.7	1 1/8	200
32.3	1 1/4	250
35.8	1 3/8	300

Fuente: Gómez, J., mayo 2019

Ilustración 7: Máquina dobladora de barras de acero P45 PRO.



Fuente: (Schnell, 2019).

Espiralado de barras de acero.

Es el proceso de manufactura que tiene como objetivo deformar plásticamente al acero, para conseguir figuras geométricas circulares cerradas o continuas en forma de espirales (Fuentes, 2019).

Los productos resultantes de este proceso suelen conocerse como círculos, arcos y zunchos, todos estos son utilizados para la construcción de columnas cilíndricas, túneles y cimentaciones circulares (Fuentes, 2019).

El proceso de espiralado del acero se lleva a cabo por medio de un sistema de tres ruedas, dos de ellas son fijas y están colocadas de forma lineal, con giro a en contra de las agujas del reloj, mientras que la otra colocada paralela a estas, gira en dirección contraria. Una cuarta rueda sirve de guía para que el material espiralado siga la forma obtenida (Fonseca, 2019).

Ilustración 8: Espiraladora de barras de acero Cer 40-calandradora de barras.



Fuente: (Schnell, 2019).

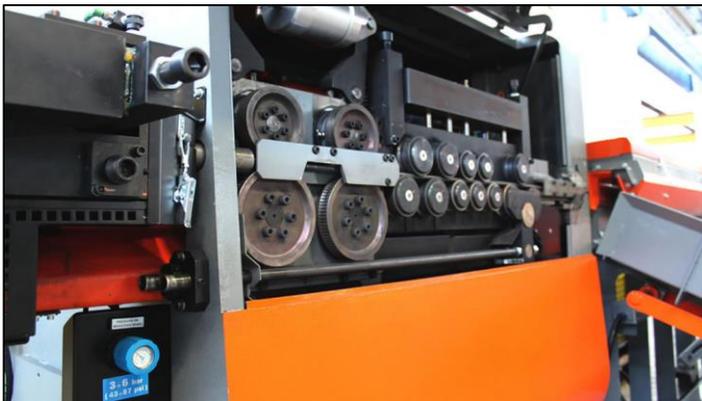
Enderezado de barras de acero

El proceso de enderezado de las barras de acero se realiza cuando la materia prima utilizada son rollos de alambrión corrugado o liso, que necesitan ser enderezados por medio de un conjunto de ruedas verticales y horizontales que le dan una forma recta y lineal. Caso particular de los materiales utilizados en el proceso de formado del acero de diámetros de 1/4" a 5/8", estas materias primas son fabricadas en forma continua, como lo pueden ser alambrión liso o corrugado en rollo, de dos toneladas aproximadamente (Fuentes, 2019).

Estas materias primas cuentan con las mismas propiedades química y mecánicas que las barras corrugadas estándar, con la diferencia que, por estar conformados de una forma continua, permiten optimizar el uso de materiales, evitar mermas o puntas de barras de acero, mismas que ya no podrían ser utilizadas para formar nuevas piezas (Fonseca, 2019).

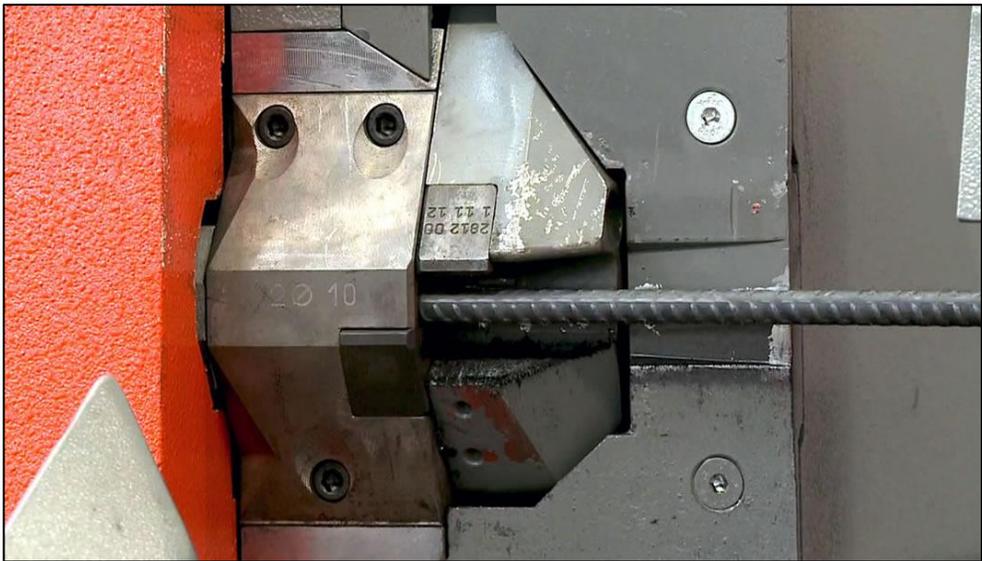
El sistema de enderezado consta de dos conjuntos de ruedas de enderezado, una colocada en forma horizontal y otra de colocada de forma vertical, un conjunto de cizallas que se encargan de realizar el corte del material (Fuentes, 2019).

Ilustración 9: Conjunto de ruedas de enderezado de barras de acero Reta 13-enderezadora automática.



Fuente: (Schnell, 2019).

Ilustración 10: Conjunto de cizallas de corte de barras de acero Reta 13-enderezadora automática.



Fuente: (Schnell, 2019).

Ilustración 11: Materia prima- rollos de barras corrugadas.



Fuente: (Schnell, 2019).

Formado de barras de acero.

El proceso de formado de barras de acero tiene como objetivo deformar plásticamente las barras de acero, para obtener distintas formas geométricas que van desde piezas conocidas como L, U, Z, estribos, eslabones, polígonos, hasta cualquier pieza según sean requeridas para la construcción de edificios de hormigón armado (Fuentes, 2019).

El proceso de formado se compone por tres de los procesos antes mencionados como lo es el proceso de enderezado, doblado y cortado.

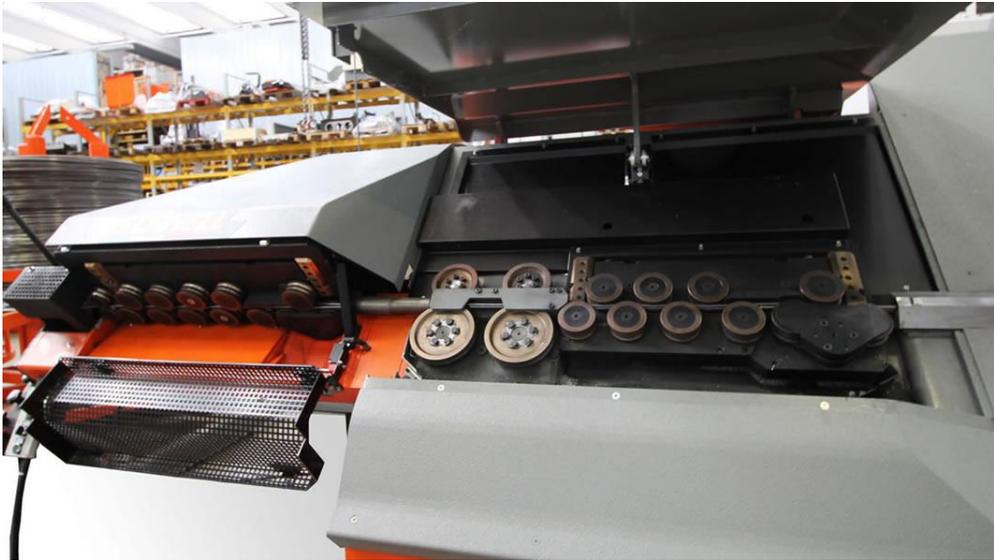
La maquinaria utilizada para este proceso suele ser de alta tecnología, conformada por un sistema operativo, encargado de optimizar la utilización de las materias primas. Los elementos de desgaste suelen ser de alta dureza, para prolongar su vida útil.

Ilustración 12: Materia prima y consola de mando de sistema operativo-máquina formadora-Coil 16 3D.



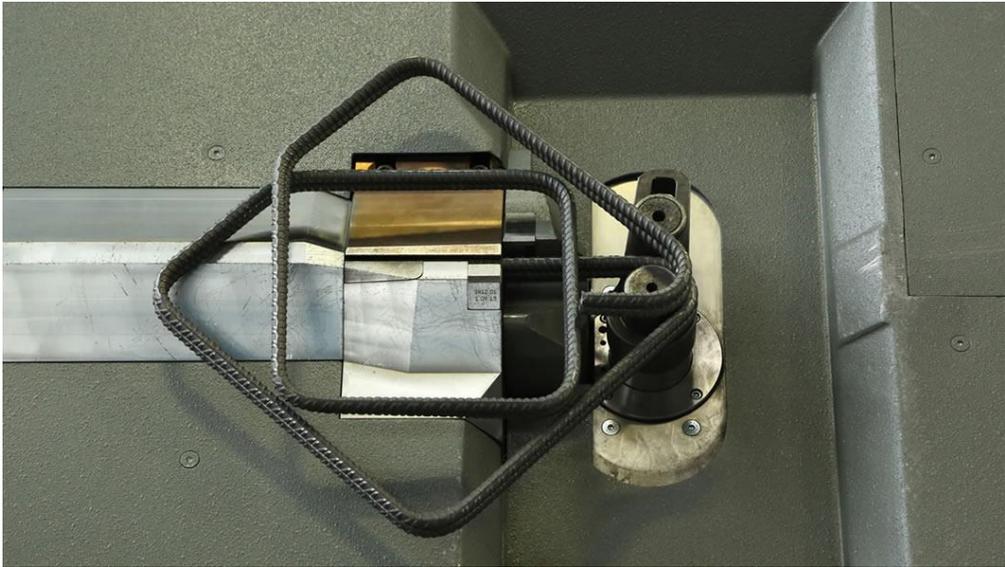
Fuente: (Schnell, 2019).

Ilustración 13: Sistema de enderezado máquina formadora-Coil 16 3D.



Fuente: (Schnell, 2019).

Ilustración 14: Sistema de corte y doblado- máquina formadora-Coil 16 3D.

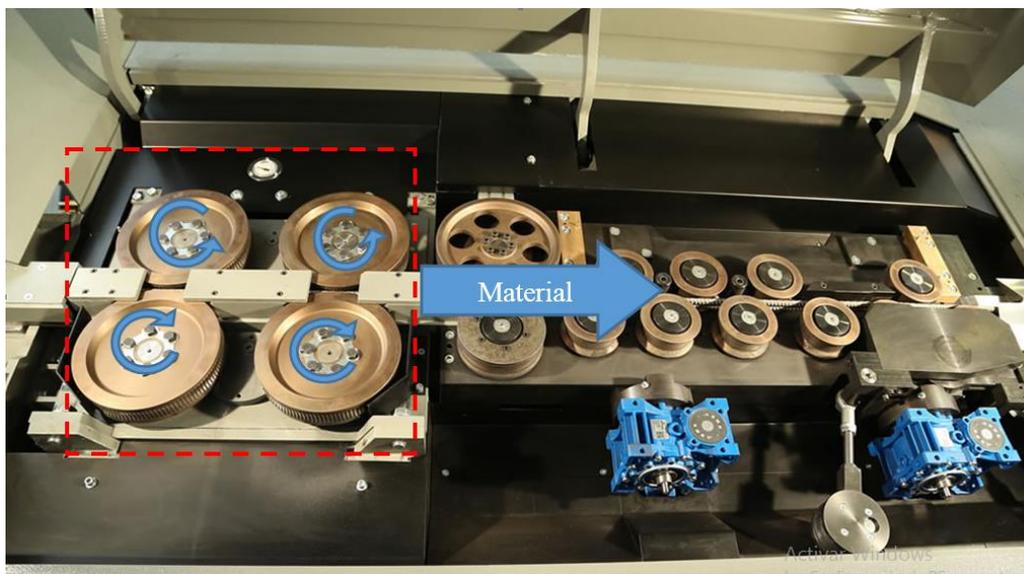


Fuente: (Schnell, 2019).

Velocidades de trabajo del conjunto de ruedas de arrastre

El conjunto de ruedas de arrastre está conformado por cuatro ruedas dentadas, las dos ruedas superiores giran en sentido opuesto a las dos ruedas inferiores, a fin de darle avance a la materia prima, que regularmente es acero corrugado en rollo, de aproximadamente dos toneladas de peso (Fuentes, 2019).

Ilustración 15: Conjunto de ruedas de arrastre Coil 16 3D.



Fuente: (Schnell, 2019).

Las velocidades del sistema de conjunto de ruedas de arrastre se regulan en la consola de mando de la máquina, en el panel las velocidades van desde la más lenta hasta la más rápida, identificadas de 1 a 10, identificada como 1 la velocidad más lenta (Fuentes, 2019).

La velocidad utiliza las dimensionales metros/minuto, la velocidad de trabajo debe ser determinada por la materia prima a trabajar y las especificaciones de los productos a fabricar, como lo es la longitud total y cantidad de dobleces, los cuales determinan la velocidad óptima del conjunto de ruedas de arrastre.

Materia prima del proceso de formado de acero figurado

La materia prima utilizada en el proceso de formado de acero figurado posee las mismas características químicas y físicas de una varilla corrugada de acero estándar, con la diferencia que las varillas corrugadas únicamente son fabricadas en longitudes no mayores a quince metros, mientras que los rollos de acero corrugado son fabricados de forma continua sin cortes, con un peso aproximado de dos toneladas métricas (Fonseca, 2019).

Las ventajas de utilizar los rollos de acero corrugado van desde la disminución de mermas por puntas no utilizables hasta la reducción de tiempos por la continuidad de la materia prima, dado que el abastecimiento de materia prima se hace cada dos toneladas aproximadamente (Fonseca, 2019).

Ilustración 16: Materia prima del proceso de formado de acero figurado.



Fuente: (Schnell, 2019).

Elementos de doblado utilizadas en el proceso de formado de acero figurado

El proceso de doblado del acero se realiza por medio de elementos de doblado conocidos como pernos o bulones, los cuales varían según el diámetro de la materia prima a utilizar (Schnell, 2019).

Los pernos o bulones de doblado utilizados en el formado de acero figurado se describen en la siguiente tabla:

Tabla 6: Elementos de doblado con relación al diámetro de las barras de acero.

Diámetro de la barra de acero (en milímetros)	Diámetro de la barra de acero (en pulgadas)	Diámetro del elemento de doblado (en milímetros)
6.4	1/4	15-30
9	3/8	40
12.7	1/2	50
15.9	5/8	70

Fuente: Gómez, J., mayo 2019

Normativa para productos de acero.

Dentro de las principales normas que rigen la fabricación de los productos del acero se encuentran:

ASTM A615/A615M-09 / COGUANOR NTG36011

Historical Standard: Especificación Normalizada para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto

Generalidades:

Esta especificación trata sobre barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto en tramos cortados y rollos. Con la cual se busca establecer si los materiales cumplen con los requisitos establecidos en esta norma (ASTM INTERNATIONAL, 2019).

ASTM A706/A706M-09b / COGUANOR NTG36016

Historical Standard: Especificación Normalizada para Barras de Acero de Baja Aleación Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto

Generalidades:

Esta especificación trata sobre barras de acero de baja aleación lisas y corrugadas en tramos cortados o en rollos para refuerzo de concreto destinadas para aplicaciones donde se requieren propiedades mecánicas restrictivas y composición química para compatibilizar con aplicaciones de propiedades controladas de tracción o para aumentar la soldabilidad (ASTM INTERNATIONAL, 2019).

ACI 318-14.

Establece la normativa para elementos de concreto armado, en el caso del acero brinda los lineamientos para los dobleces diámetros de doblado, longitudes de anclaje necesarios para el desarrollo óptimo de la estructura.

Indicadores de la pérdida de tiempo efectivo del proceso de formado de acero figurado.

Dado que el tiempo es uno de los recursos más valiosos de las empresas, es de vital importancia la correcta administración del mismo. Una correcta administración del tiempo se lleva a cabo mediante la implantación de indicadores, que permitan llevar una medición del tiempo efectivo con el que se dispone, es importante considerar que lo que se mide se controla (Fonseca, 2019).

Un indicador se define como: “una comparación entre dos o más tipos de datos que sirve para elaborar una medida cuantitativa o una observación cualitativa. Esta comparación arroja un valor, una magnitud o un criterio, que tiene significado para quien lo analiza” (Organización Internacional del Trabajo OIT, 2019).

El tiempo efectivo es el equivalente al tiempo programado total (PT) que es el tiempo (horas) programado para la producción y para las paradas programadas (Ríes, 2007).

Para poder seleccionar el tipo de indicador óptimo, que una empresa debe implementar, se deben considerar ciertos criterios de gran importancia, dentro de los que se puede mencionar la naturaleza del proceso que se desea controlar, un indicador debe ser de gran utilidad, para poder asegurar la disponibilidad de los datos y que los resultados de los indicadores sean relevantes, otro criterio de gran importancia es que los resultados sean visibles en el menor tiempo posible y sobre todo que su implementación y ejecución sean de bajo costo (Organización Internacional del Trabajo OIT, 2019).

Es necesario tener un buen estudio por área y los indicadores deben apearse a cada área en particular para lograr un monitoreo integral, tener en cuenta al sector que pertenece, el producto o servicio que lleva a cabo, así como otras consideraciones relevantes. Existen diferentes tipos de indicadores que pueden ayudar a una empresa, en el proceso de formado de acero figurado la implementación de la técnica de control de tiempos de Walter Ríes, genera múltiples indicadores que permiten llevar un control completo del tiempo efectivo con el que se cuenta y registrar las causas de la pérdida del mismo. (Ríes, 2007)

La técnica del control de tiempos de Walter Ríes, permite llevar un registro de todos tipos de tiempos contenidos dentro del tiempo efectivo disponible, estos registros permiten desplegar indicadores como quiebra de ritmo, tiempo útil, porcentaje de cumplimiento de las paradas programadas, porcentajes de interrupciones operacionales y de mantenimiento, este último indicador es de gran importancia ya que es donde se da el registro de la pérdida de tiempo efectivo. (Ríes, 2007)

El acoplamiento de la técnica de control de tiempos en el proceso de formado de acero figurado, requiere dos modificaciones, la primera se hace en la forma en que se calculan el tiempo útil, éste se obtendrá de la resta del tiempo programado para

producción (PP) menos las interrupciones (I). La segunda modificación radica en el obviar la quiebra de ritmo (r), ya que por la naturaleza del proceso productivo, la medición del tiempo efectivo debe realizarse por separado de la producción y de momento no se utilizaran los estándares de producción horaria (EPH).

Estas modificaciones buscan el cumplimiento del objetivo principal, que es la medición del tiempo efectivo y encontrar los motivos de su pérdida.

Tabla 7: Control de tiempos para el proceso de formado de acero figurado.

Tiempo Calendario (C) Formula: Das del mes x 24horas = C				
Tiempo programado total (PT) Formula: (C-E-L)=PT		Paradas Programadas (P)	Causas Externas (E)	Tiempo Libre (L)
Tiempo programado p/producción (PP) Formula: (PT-P)=PP				
Tiempo Útil (U)	Interrupción(I)			
Formula:	<i>Interrupciones que son imprevistas, operacionales o por mantenimiento</i>			
(PP-I)=U				

Fuente: Gómez, J., mayo 2019.

La base fundamental para llevar a cabo un buen control de tiempos, es la correcta clasificación de todos los paros o interrupciones al proceso productivo que ocurren día a día, estos deben de ser proporcionados por el operador de la máquina en la que se implementara dicha técnica de control (Vallejos, 2019).

La pérdida del tiempo efectivo puede ser presentada mediante el porcentaje de interrupciones que se presentan en un periodo de tiempo, el cual se recomienda

hacerse semanal, a fin de crear planes de acción cuando el porcentaje de pérdida de tiempo efectivo este arriba de los límites establecidos (Vallejos, 2019).

Los cálculos de los indicadores para la pérdida de tiempo efectivo son simples, es necesario obtener la sumatoria del tiempo programado para producción (PP) y la sumatoria de los tiempos de todas las interrupciones, tanto de mantenimiento como operacionales. Con estos datos se obtienen los siguientes indicadores que van de lo general hasta lo más específico (Vallejos, 2019).

Tabla 8: Indicadores de la pérdida de tiempo efectivo en el proceso de formado de acero figurado.

$\% \text{ Interrupciones} = \frac{\text{Interrupciones operacionales y por mantenimiento (I)}}{\text{Tiempo programado p/producción (PP)}}$
$\% \text{ Interrupciones operacionales} = \frac{\text{Interrupciones operacionales (IO)}}{\text{Tiempo programado p/producción (PP)}}$
$\% \text{ Interrupciones por mantenimiento} = \frac{\text{Interrupciones por mantenimiento mecánico y eléctrico (IME)}}{\text{Tiempo programado p/producción (PP)}}$
$\% \text{ Interrupciones por mantenimiento mecánico} = \frac{\text{Interrupciones por mantenimiento mecánico (IM)}}{\text{Tiempo programado p/producción (PP)}}$
$\% \text{ Interrupciones por mantenimiento eléctrico} = \frac{\text{Interrupciones por mantenimiento eléctrico (IE)}}{\text{Tiempo programado p/producción (PP)}}$

Fuente: Gómez, J., mayo 2019.

Interrupciones

Interrupciones (I): se conoce como interrupción a cualquier evento o situación que sin previo aviso interrumpe la operación de la línea de producción. La característica de las interrupciones es que vuelven discontinuos los procesos productivos, motivo por el cual es de gran importancia su control y disminución. Las interrupciones pueden ser de origen operacional o de mantenimiento (Ríes, 2007, pág. 3).

Criterios para definición de las interrupciones (Causa por Influencia)

Según Walter Ríes (Ríes, 2007) una interrupción se clasifica como interrupción por mantenimiento cuando reúna las siguientes condiciones:

1. El equipo sufre un paró en operación de forma imprevista, no contemplado en su programa de producción.
2. La interrupción no es de origen operacional, no es ocasionado por la intervención del operario del equipo o por la omisión de un procedimiento operacional.
3. El equipo operaba debajo de su capacidad máxima, no existe sobre carga del equipo.

Una interrupción se considera como interrupción operacional cuando reúna las siguientes condiciones: (Ríes, 2007)

1. El equipo sufre un paró en operación de forma imprevista u ocurrió se excede el tiempo estándar de las actividades operativas propias del proceso.
2. La interrupción es de origen operacional, es ocasionado por la intervención del operario del equipo o por la omisión de un procedimiento operacional.
3. El equipo operaba arriba de su capacidad máxima permitida.

Variaciones de tiempo de procesos

Es importante considerar que las variaciones dentro de los procesos de producción son muy comunes, pero es algo con lo que no se debe aprender a vivir.

Pero ¿qué es variación?, podría decirse que son todas aquellas diferencias, cambios, desigualdades, alteraciones, que afectan directamente al proceso de producción y conlleva al incumplimiento de metas o presupuesto. Está presente en la materia prima, en los tiempos de producción, en el tiempo de mano de obra, en los métodos y procedimientos operacionales, en el ambiente o entorno de trabajo y en todo lo que se hace para poder fabricar cada producto requerido (Solé, 2013).

Se vuelve un tanto inevitable y un enemigo constante al cual vencer día con día, no solo para que el producto tenga una buena calidad y se cuente con una efectividad en el proceso, sino también se vuelve un enemigo del porcentaje de rendimiento, del volumen de producción, lo cual conlleva dañar el costo del producto, como el costo de producción, pero se vuelve enemigo de algo muy importante, los beneficios de los resultados así como de las metas que se tenían planteadas (Solé, 2013).

Nada es mejor y más básico que reducir la variación en los sistemas de producción. Por tanto lo que se debe alcanzar en cualquier proceso de producción es poder comprender la variación, controlarla y a la vez disminuirla, ya que es inevitable la existencia de variaciones en los procesos productivos. Tener en cuenta que la variación es la diferencia inevitable de los resultados individuales de un sistema, es necesario contar con el estudio y herramientas para poder contrarrestar, cuando la variación exceda los límites permitidos (Solé, 2013).

Toda empresa se encuentra con que la variación es el enemigo común, que daña la estabilidad de cualquier proceso como la capacidad con la que este cuenta. Es por ello que es importante poner el foco de la variación para poder aplicar técnicas que ayuden a reducirlas. (Solé, 2013)

Cuanto más eficiente sea el proceso, los colaboradores y las máquinas, menos variación se tendrá en el sistema y esto es lo que busca cada empresa, ya que lo que se requiere es que el costo de producción se reduzca así como aumentar la producción, obtener mejores resultados como poder aplicar ajustes necesarios para reducir estas variaciones en el proceso. (Solé, 2013)

Principio de variabilidad del proceso

El principio de variabilidad es concluyente en un proceso de producción, a pesar que lleve a cabo la misma operación, la misma maquinaria, herramienta, método de trabajo, e incluso el mismo operador, pero nunca podrán existir dos volúmenes de producción iguales. (Ruiz, 2016)

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una variabilidad. Esta variabilidad es claramente indeseable y el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites (Ruiz, 2016).

Herramientas para el tratamiento de las variaciones de tiempos en proceso:

Es importante la medición de tiempos de las diferentes tareas en los procesos productivos, esto con el fin de contemplar las acciones correctas para su corrección, y poder evitar que vuelva a ocurrir, para esto existen variedad de herramientas que ayudan ante muchas fallas que interrumpen un proceso productivo, que en todo caso sería una variación en el proceso de producción de cualquier máquina o cualquier área afectada, dentro de estas herramientas se encuentran (Aceros de Guatemala S.A., 1999):

TF-Tratamiento de Fallas o análisis de fallas.

Los cinco porqués

Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Pescado).

Tratamiento de fallas (TF)

Es una herramienta muy utilizada en empresas industriales, el tratamiento de fallas presenta un análisis preciso del acontecimiento (falla) que provocó un paro al proceso productivo, con el objetivo de obtener una retroalimentación de información para la solución del problema. (Aceros de Guatemala S.A., 1999)

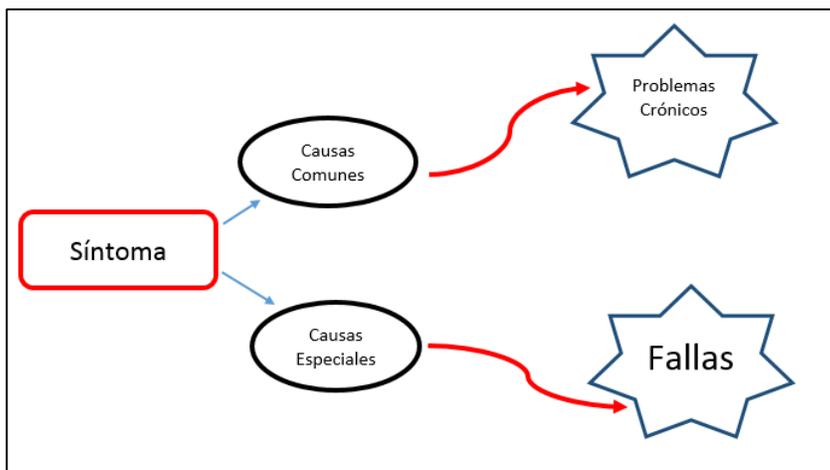
Para esto es importante conocer las siguientes definiciones que ayudaran a realizar de manera eficiente el análisis de fallas: (Aceros de Guatemala S.A., 2019)

Causa es la raíz del problema, falla, avería, la razón de ser por el cual una máquina o proceso se detuvo.

Síntoma es la alteración de un proceso que pone de manifiesto la existencia de un problema y que ayuda a determinar la naturaleza de esta. En otras palabras, se puede decir que es el resultado de una falla.

Se debe tener en cuenta que hay dos tipos de causas, las comunes que se dan día a día en el proceso y las causas especiales, que toman lugar en algún momento o estado especial.

Ilustración 17: Relación de causas en una falla.



Fuente: Gómez, J., mayo 2019.

Para la correcta ejecución de este tipo de herramienta es necesario contar con la implementación de la técnica de control de tiempos, donde se lleve en un apartado, los tipos y tiempos de paros durante el proceso, ya sea por cada turno o bien por cada día. Esto para poder encontrar y clasificar las fallas y así elaborar un plan para poder detectar y eliminar la causa raíz que afectó al proceso en ese momento.

El proceso para redactar dicho documento es el siguiente:

Tratamiento de Fallas (TF): (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Encabezado aquí se coloca, nombre de los involucrados, la fecha y hora en que ocurrió la avería, nombre de la máquina donde sucedió, etapa del proceso y producto en fabricación al ocurrir la falla.

Falla: en este apartado se coloca la descripción de la falla, su naturaleza (costo, operacional, mantenimiento, calidad, administrativa, logística).

Restablecimiento del proceso: se detalla qué se realizó para restablecer el proceso productivo en el momento.

Evidencia: se adjunta fotografías o documentos, que demuestre de forma gráfica la falla.

Tabla 9: Formato para el análisis de falla o tratamientos de fallas.

ANÁLISIS DE FALLAS				Página 1 de 2			
Colaborador:				No.			
Hora:	Fecha:			Turno:	Diurno (1) <input checked="" type="radio"/>	Mixto (2) <input type="radio"/>	Nocturno (3) <input type="radio"/>
Etapa del Proceso:	Equipo o Máquina:			Producto:			
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA				NATURALEZA DE LA FALLA			
				Costo		Administrativos	
				Calidad		Operación	
				Mnto.		Logística	
				CONSECUENCIAS DE LA FALLA			
				Indicador afectado:			
DESCRIBA LAS ACCIONES PARA LA REMOCIÓN DE LOS SÍNTOMAS (qué se realizó para reanudar la producción):							
EVIDENCIAS / OBSERVACIONES							

Estos campos deben ser llenados por el Colaborador que atiende la falla

Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Herramienta los cinco porqués:

Aquí se trata de buscar a fondo la causa, ya que es una de las partes más difíciles que se presenta, encontrar la causa raíz del problema, y es una serie de preguntas al partir de una posible causa, preguntándose cada vez ¿Por qué?, la cual dará una respuesta y a esta volver hacerle la pregunta ¿Por qué?, para llegar al punto donde ya no se pueda desglosar más y ahí se tendrá la causa raíz. Es una herramienta fácil y sencilla para su aplicación (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Tabla 10: Formato para el análisis de falla los cinco porqués.

ANALISIS DE FALLA:					
1 - PRIMER ¿POR QUÉ??					
2 - SEGUNDO ¿POR QUÉ?					
3 - TERCER ¿POR QUÉ?					
4 - CUARTO ¿POR QUÉ?					
5 - QUINTO ¿POR QUÉ?					
CAUSA RELACIONADA A LA ESTANDARIZACIÓN DE LA TAREA (Opcional)			CAUSAS RAÍZ MÁS PROBABLES		
1 - No existen estándares relacionados y son necesarios: 2 - Los estándares relacionados no están actualizados: 3 - Los estándares relacionados no están siendo cumplidos:			1	0	
			2		
			3		
			4		
			5		

Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 1999)

Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta para el análisis de los problemas que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan, aquí se trata de buscar a fondo la causa, ya que es una de las partes más difíciles que se presenta, encontrar la causa raíz del problema (Progressa Lean, 2014).

Según Progresas Lean (Progressa Lean, 2014) para la el desarrollo de la técnica de diagrama de Ishikawa es necesario seguir los siguientes pasos:

Contar con un equipo de personas multidisciplinar para analizar la falla.

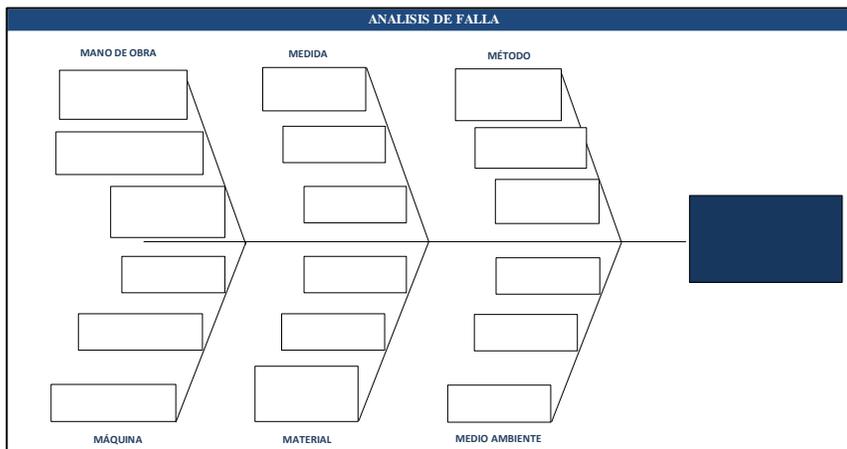
Escribir de forma concisa el problema o efecto que se presenta.

Clasificar las causa dentro de las categorías presentes en el diagrama (mano de obra, medida, método, máquina, materiales, medioambiente).

Utilizar la lluvia de ideas para identificar las posibles causas del problema y anotarlas en la categoría que corresponda.

Por último, utilizar la técnica de los cinco porqués, esto con el fin de encontrar la causa raíz sobre la cual se deberán tomar acciones.

Tabla 11: Formato para el análisis de falla diagrama de Ishikawa.



Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Plan de acción

Aquí se detallan las acciones que se implementarán para eliminar o corregir la o las causas del problema, las acciones listadas deberán ser monitoreadas y eficaces, esto para verificar si fueron adecuadas para solucionar el problema por el cual se originó la falla. Aquí se detalla el responsable de ejecutar las acciones y cuando las iniciara como también cuando las finalizara, para evaluar su correcta eficacia (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Tabla 12: Formato para el plan de acción.

PLAN DE ACCION ESPECÍFICO (escriba las acciones de bloqueo de la causa fundamental)						
Coordinador de Plan de Acción:						
Causa No.	¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	Evidencia

Fuente: (Aceros de Guatemala S.A., 1999).

Es importante tener en cuenta que no se deben evaluar las fallas poco importantes, atacar la causa y no el síntoma, toda falla debe ser evaluada en conjunto, con todos los involucrados en el proceso donde ocurrió la falla, así también a quienes apoyaron en remediarlo, hacer un buen uso de las herramientas de trabajo, darán como resultado, una mejora continua, un mejor proceso y tener un equipo de trabajo calificado. (Aceros de Guatemala S.A., 2019)

El tiempo estándar y sus componentes

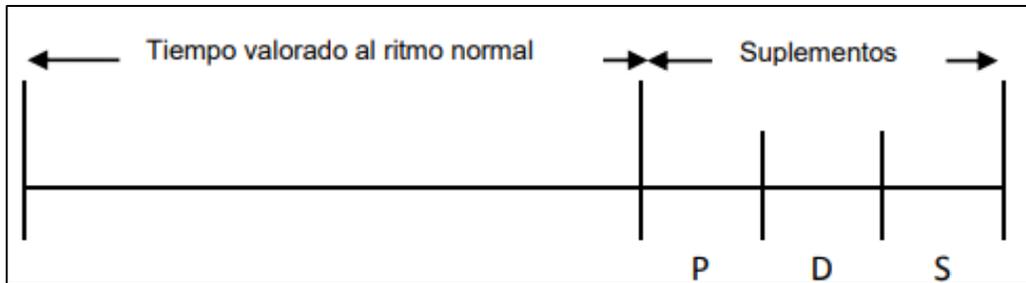
El objetivo primordial de la medición del trabajo es obtener el tiempo estándar de la operación que está en estudio. (Aldana, 2011, pág. 240)

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio que trabaja a ritmo normal, plenamente calificado y adiestrado, lleve a cabo la operación. (Niebel, 1998, pág. 459)

Elementos del tiempo estándar

Para establecer un tiempo estándar representativo es necesario contemplar todos aquellos tiempos que están fuera del ritmo normal del trabajo, pero que forman parte del mismo, considerar los siguientes elementos como lo muestra la figura 10

Ilustración 18: Elementos que componen el tiempo estándar.



Fuente: (Criollo R. G., pág. 184)

En donde:

P: suplemento por necesidades personales

D: suplemento por descanso

S: suplementario (por naturaleza de la tarea)

Tabla 13: Calculo del tiempo estándar.

1. Calculo del tiempo cronometrado (TC).	Se realiza el promedio de las lecturas de tiempos década elemento.
2. Calculo del tiempo normal de la operación (TN)	Se obtiene del tiempo cronometrado multiplicado por el factor de calificación. TN= TC*FC
3. Calculo del tiempo estándar (TS)	El tiempo Estándar se obtiene del tiempo normal multiplicado por el % de suplementos o márgenes. TS= TN*%Suplementos

Fuente: Gómez, J., mayo 2019.

Estandarización de procesos

La estandarización de procesos tiene como principal objetivo unificar, en la medida posible los procedimientos en las diferentes etapas para tener un mismo proceso (Pacheco, 2017).

Según el Productivity Press Development Team (Productivity Press Development Team, 2002) la estandarización de procesos, es un proceso que consta de cuatro pasos importantes:

1. Definir el estándar
2. Informar el estándar
3. Establecer la adhesión al estándar
4. Propiciar una mejora continua del estándar

La estandarización de procesos tiene como objetivo principal el logro de los siguientes puntos (Pacheco, 2017):

1. Reducción de pérdida de tiempos innecesarios
2. Reducción de la variabilidad
3. Formación de la cultura de la empresa
4. Conocer el proceso, y guía para personal de nuevo ingreso

Manual de procedimientos y la estandarización de procesos

Los manuales de procedimientos tienen como objetivo mejorar el proceso y con esto generar una calidad deseada. Puede decirse que representan una guía para el colaborador que opera la máquina o bien que dará inicio a una tarea o proceso que desconoce, por lo que facilita la información que se requiere, y brinda apoyo en las actividades, además se vuelve en un importante documento de información (Pacheco, 2017).

Según Pacheco (Pacheco, 2017) un buen manual de procedimientos debe contener:

1. La representación gráfica del proceso,
2. Detalle de condiciones para iniciar
3. La relación con otros procesos
4. Enumeración y secuencia correcta de las actividades
5. Las rutas de ejecución del proceso

También es necesario agregar informaciones adicionales propias de los procesos, como lo son las entradas, salidas, responsables, área de ejecución, entre otras.

Biblioteca de procesos estandarizados

Para contar con una información fiable y que esta sea de fácil acceso, se puede implementar una biblioteca para el resguardo de todos los estándares y poder hacer propuestas de mejora en los procesos cuando se detecten fallas o bien para consultar los estándares del proceso. La empresa podrá contar así con información actualizada y de manera ágil, por ello es importante que al diseñar un nuevo proceso, se busque de manera inmediata poder estandarizarlo, aprovechar la tecnología, para volver a la empresa capaz de gestionar sus procesos (Pacheco, 2017).

Entre las principales razones para llevar a cabo una estandarización de los procesos en una empresa están: el ahorro considerable de horas de trabajo y el ahorro de recursos económicos, tanto ajenos como propios. Cuando se habla de estandarizar procesos, se habla de implementar normas claras y precisas de métodos para ejecutar un proceso concreto como las formas para llevarlo a cabo. Esto no supone una burocracia en el proceso, más bien ayuda con el método preventivo ante los problemas y prever soluciones, potenciar habilidades, acelerar la curva del aprendizaje ante los nuevos ingresos de personal, contribuir con la eficiencia de la empresa, mejorar la competencia internacional como ahorro de recursos. (Pacheco, 2017).

Hay variedad de ventajas que suponen estandarizar un proceso, de manera concreta y resumida se puede mencionar: la prevención de errores humanos y la mejora de la eficiencia y la efectividad. (Pacheco, 2017)

Es necesario después de estandarizar un proceso, realizar auditorías periódicas que aseguren el respeto al estándar y que este siga actualizado. Si los estándares no están ejecutándose a cabalidad, debe hacerse llamada de atención, cuando está bien implantado un estándar, la negligencia es difícil que exista en un proceso, por lo que es importante iniciarlo como debe ser (Martínez, 2005, págs. 88-96).

Pasos para estandarizar un trabajo: (Martínez, 2005)

1. **Diagnosticar el proceso:** aquí se busca conocer el proceso, se realiza un diagrama de flujo del proceso.
2. **Identificar mejoras y diseño del proceso ideal:** eliminar duplicidad de actividades y todo lo que genere ineficiencias en el proceso.
3. **Planear una prueba del proceso:** llevar a cabo un test con personal de mayor trayectoria en el puesto donde se realizará la prueba.
4. **Ejecutar y monitorear la prueba:** observa detalladamente cómo se comporta el nuevo proceso y con ello obtener ideas para mejorar
5. **Mejorar el nuevo proceso:** después de la información obtenida de la observación, se mejora, tomar en cuenta el uso gráficas o imágenes precisas en cada paso, que sirva de guía al operador.
6. **Difundir y capacitar:** esta parte se lleva a cabo, cuando el estándar ha sido aprobado por el departamento asignado, lo cual lleva a su divulgación y con ello capacitar al personal para su correcta aplicación y más aún, corregir el proceso actual.
7. **Auditar:** es necesario mantener y mejorar el proceso, y esto se logra con la auditoria de estándares, para buscar mejoras o visualizar si existen cambios en el proceso o bien cambio de maquinaria.

El correcto engranaje en los procesos de una empresa es fundamental para que todo fluya de la mejor manera, reducir la pérdida de tiempos, y lo más importante, buscar la satisfacción del cliente que es quien se debe la empresa.

Estándar de Producción Horaria (EPH)

El estándar de producción horaria es la estandarización de un proceso, en el cual se establece la producción horaria en ella, esto a un ritmo de producción sin ninguna interrupción dentro de este ritmo estandarizado, el EPH normalmente es definido por el cuello de botella del proceso que se estudia. (Ríes, 2007)

Al obtener el EPH correcto se puede conocer la producción que puede alcanzar un proceso, en un tiempo definido, con el cual se pueden fijar metas productivas y conocer las fechas y tiempos de finalización de un producto. (Ríes, 2007)

Estudio de Tiempos

Es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida, para fijar el tiempo que un colaborador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. Los objetivos de la medición del trabajo son dos: es la medición del tiempo estándar e incrementar la eficiencia del trabajo. (Garcia, 2005)

“El estudio de tiempos es una herramienta que permite determinar con mayor exactitud y con base a un número limitado de observaciones, el tiempo requerido para llevar a cabo una tarea”. (Aldana, 2011, pág. 240)

El estudio de tiempos se conoce como la medición del trabajo, es establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. (Niebel, 1998, pág. 7)

Elementos del estudio de tiempos: (Niebel, 1998, págs. 364-397)

Es importante tener en cuenta que el estudio de tiempos es un arte y una ciencia, ya que más allá de los métodos, se debe tener sutileza, para que el trato con el personal inspire confianza, tomar en cuenta la experiencia y adiestramiento, para llevar a cabo cada etapa del estudio.

Para presentar los resultados finales del estudio de tiempos, es necesario seccionar las funciones del estudio a realizar, se debe considerar los siguientes elementos: (Niebel, 1998)

1. Selección del operario
2. Análisis de materiales y métodos.
3. Registro de información significativa.
4. Toma de tiempos.
5. Calificación de la actuación del operario.

Dichos elementos se encuentran detallados en el texto a continuación:

Pasos para realizar un estudio de tiempos

Aldana menciona (Aldana, 2011, pág. 241): para ejecutar un estudio de tiempos de forma adecuada es necesario seguir los siguientes pasos o fases:

a) Preparación

- Selección de la operación que se va a analizar;
- Selección del trabajador que va a realizar dicha operación;
- Actitud frente al trabajador que realiza la operación;
- Analizar y comprobar el método de trabajo que se emplea.

b) Ejecución

- Obtener y registrar toda información pertinente;
- Descomponer la tarea en elementos;
- Cronometrar la actividad;

Calcular el tiempo observado.

c) Valoración

Técnicas de valoración de la tarea;

Cálculo de ritmo normal del trabajador promedio;

Cálculo de tiempo base o valorado.

d) Suplementos

Estudio de fatiga del trabajador;

Análisis de demoras;

Cálculo de suplementos y tolerancias.

Preparación de un estudio de tiempos

La fase de preparación del estudio de tiempos se compone de tres actividades principales, la primera es la selección de la tarea que se desea analizar, posteriormente se procede a seleccionar al trabajador que realizara la tarea que se analizara y por último el análisis de la tarea que se va a estudiar. (Aldana, 2011)

“La operación a estudiar se puede seccionar de acuerdo a los siguientes criterios: de acuerdo al orden de las operaciones según la secuencia del proceso, de acuerdo al costo de la operación o según las necesidades específicas” (Aldana, 2011, pág. 242).

Se deben considerar los siguientes consejos para que el estudio de tiempos sea ejecutado de una manera correcta y que los datos que se obtengan no se vean afectados por algún tipo conflicto entre el analista y el trabajador: “el estudio de tiempos no debe de realizarse en secreto, el analista debe de tomar en cuenta todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas, no se debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo” (Aldana, 2011, pág. 243)

La tercera actividad de la fase de preparación del estudio de tiempos se refiere al análisis y comprobación del método de trabajo que se emplea, lo cual implica la revisión de los estándares de proceso que se analiza, estos estándares son documentos que contiene los procedimientos de proceso, condiciones físicas de trabajo,

características de los equipos, herramientas, materiales, estándares de producción como velocidades, materias primas, calibraciones, equipos de protección personal requeridos para cada actividad, tolerancias y especificaciones de calidad (Aldana, 2011).

Selección del operario.

En la selección del operario, considerar que la tarea se realice por varias personas, es importante elegir un operario promedio, el seleccionar un operario que posea poca experiencia o de alto rendimiento, dará como resultado datos no representativos.

La selección del operario para llevar a cabo de una manera precisa este estudio, requiere que este familiarizado y entrenado con los procedimientos y tenga espíritu de cooperación, de manera que las sugerencias que se le hagan sean bien recibidas y llevar a cabo un mejor estudio. (Niebel, 1998, pág. 364)

Análisis de materiales y métodos

Es importante conocer el trabajo para poder estudiarlo y analizarlo de una manera correcta, por lo cual se debe de hacer un diagrama del proceso como tal, tomar en cuenta la localización de la maquinaria, las herramientas, los depósitos de materias primas y la ubicación de los productos terminados (Aldana, 2011).

Lo importante de conocer los procesos del trabajo es que en cualquier industria se debe trabajar con la filosofía de la mejora continua y conocer a detalle el proceso ayudara a ubicar los puntos de estudio, dentro de las herramientas más utilizadas se puede mencionar: (Aldana, 2011)

Diagrama de proceso;
Diagrama hombre-máquina;
Evaluación del operario.

Ejecución de un estudio de tiempos

La ejecución del estudio de tiempos requiere de la ejecución de cuatro actividades principales, las cuales son la obtención y registro de toda información pertinente o que sea de ayuda para la identificación del proceso que se va a estudiar, la segunda actividad comprende la descomposición de la tarea en elementos, esto para facilitar la toma de tiempos, en otras palabras es la división de las tareas en pequeñas partes, el tercer paso es cronometrar la actividad, la cual consiste en la medición del tiempo empleado para la ejecución de los elementos de cada actividad o tarea. El último paso es el cálculo del tiempo observado (Aldana, 2011).

Registro de información significativa.

A más información obtenida, más útil resultara el estudio a través del tiempo, ya que debe constituir la fuente para definir el establecimiento de datos estandarizados, mejora de modos, rendimiento de las máquinas y evaluación del personal.

Y es que obtener la información adecuada en el lugar adecuado, la operación de cualquier tarea se vuelve más fácil de llevar a cabo, obtener un registro adecuado facilitará la pronta actuación de cualquier departamento y con ello mejorar el rendimiento de la empresa, que es lo que tanto se requiere alcanzar, asimismo es importante contar con la persona adecuada quien lleve este control, que sea eficaz ya que al llenar y guardar información debe ser de manera exacta y real, porque de nada sirve tener información que no se apega a la realidad, esto provocará acciones erróneas y continuidad de la falla o problema que se requirió eliminar (Niebel, 1998, págs. 367-368).

Tabla 14: Información significativa para registro de tiempos.

	<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>
A	<u>Maquinaria</u>	
	Nombre	
	Tamaño	
	Modelo	
	Capacidad	
	No de serie	
	Velocidades	
B	<u>Herramientas</u>	
	Nombre	
	Tamaño	
	Modelo	
	Capacidad	
	No de serie	
C	<u>Condiciones de trabajo</u>	
	Temperatura	
	Humedad	
	Posición de trabajo (sentado/de pie)	
	Condiciones físicas del área	
D	<u>Materias primas</u>	
	Diámetro	
	Apariencia	
	Tamaño	
	Peso	
	Informes de calidad	

Fuente: (Niebel, 1998)

Descomponer la tarea en elementos.

El descomponer la tarea en elementos, implica la división de la tarea en pequeñas partes o elementos, estos elementos deben ser fáciles de identificar, marcados por un inicio y un fin, lo cual ayudara a desarrollar consistencia en las lecturas cronométricas de un ciclo a otro (Aldana, 2011).

El uso del sentido visual y auditivo, apoyaran grandemente a la identificación de los elementos, un elemento puede estar marcado por el sonido de un máquina, o herramienta, como por ejemplo el sonido de una remachadora al fijar un remache “pock”, el sonido de una cizalla al terminar de cortar, el colocar un producto en una estiba, estas pequeñas actividades son consideradas como elementos ,al identificar y lograr dividir la tarea en elementos pequeños, es importante realizar el registro en orden y en secuencia (Niebel, 1998).

Según Niebel (Niebel, 1998) es importante seguir las siguientes reglas para realizar una correcta división de elementos:

Todos los elementos que se identifican deben de ser necesarios para la tarea, de no ser así se debe realizar un estudio de métodos antes de realizar el estudio de tiempos.

Separa los registros de tiempos máquina y los tiempos de ejecuciones manuales.

No mezclar los elementos variables con los elementos constantes.

La selección de los elementos debe ser de forma sea fácil de idéntica su inicio y fin.

Los elementos deben de ser fáciles de cronometrar para lograr una mayor exactitud.

Los elementos constantes son aquellos que su tiempo no varían dentro de un intervalo de trabajo específico, mientras que los elementos variables como su nombre lo indica varían en un intervalo específico. (Niebel, 1998).

Toma de Tiempos

Para realizar el registro de tiempos, se puede valer de dos técnicas muy conocidas, la primera es el método continuo, el cual consiste en dejar correr el cronometro, tomar lecturas al final de cada elemento, durante todo el estudio, cuando éste es utilizado se tiende a no ser preciso, ya que requiere trabajo adicional en oficina para realizar restas sucesivas o bien recurrir a anotaciones especiales durante el estudio (Niebel, 1998).

El método continuo es recomendable ya que este tipo de estudio presenta un registro completo de todo el periodo observado, por tanto, resulta del agrado del operario ya que se toman en cuenta todos los retrasos. El método continuo se adapta mejor al estudio de ciclos cortos. (Criollo R. G., 2005)

“La técnica de regreso a cero, consiste en volver a cero el cronometro después de registrar la finalización de cada elemento, en este método se tiene la ventaja de registrar los retrasos o paros innecesarios sin realizar anotaciones especiales” (Niebel, 1998, págs. 372-375).

Registro del tiempo de cada elemento

La forma correcta y más eficiente de registrar las lecturas de cronometro, es anotar únicamente los dígitos necesarios o la cifra que brinde el cronometro utilizado para las lecturas, omitir el punto decimal, esto con el fin de tener el mayor tiempo disponible para observar la actuación del operario (Niebel, 1998).

En la siguiente tabla se demuestra un ejemplo de cómo se anotan las lecturas del cronometro de decimales de minutos.

Tabla 15: Registro de lecturas con cronometro decimal de minutos.

Lecturas consecutivas de cronómetro en decimales de minuto	Lecturas registradas
0.08	8
0.25	25
1.32	132
1.35	35
1.41	41
2.01	2.01
2.1	10
2.15	15
2.71	71
3.05	305
3.17	17
3.25	25

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 380)

Numero de ciclos a estudiar

El número de ciclos que son necesarios estudiar, son definidos por dos variable, la actividad de un trabajo y su tiempo de ciclo, desde el punto de vista económico no es viable definir una cantidad de ciclos elevada, donde los tiempos por ciclo son largos, esto conllevaría a tener estudios de tiempos muy extensos (Criollo R. G.).

Tabla 16: Guía para determinar el número de ciclos a estudiarse.

Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclos recomendado
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00-en adelante	3

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 385)

Tabla 17: Guía para determinar el número de ciclos a estudiarse.

Cuando el tiempo por pieza del ciclo es más de (horas)	Número mínimo de ciclos a estudiar (actividad)		
	Más de 10000 por año	de 1000 a 10000	Menos de 1000
8.000	2	1	1
3.000	3	2	1
2.000	4	2	1
1.000	5	3	2
0.800	6	3	2
0.500	8	4	3
0.300	10	5	4
0.200	12	6	5
0.120	15	8	6
0.080	20	10	8
0.050	25	12	10
0.035	30	15	12
0.020	40	20	15
0.012	50	25	20
0.008	60	30	25
0.005	80	40	30
0.003	100	50	40
0.002	120	60	50
menos de 0.002	140	80	60

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 387)

Equipos para la toma de tiempos

Para poder realizar un estudio de tiempos es necesario contar con cuatro herramientas básicas, un cronometro, una tablero o tabla Shannon, formularios para la toma de tiempo y una calculadora para realizar los trabajo de cálculo (Aldana, 2011).

Cálculo del tiempo

Este cálculo se basa en el análisis de todas las tareas observadas y tiempos registrados, se parte en la verificación de la última lectura del cronometro con el tiempo total transcurrido el cual debe ser similar, con variación aproximada de treinta segundos, en caso se tenga una variación notable, obligará a revisar las lecturas cronométricas en busca del error (Aldana, 2011).

Secuencia de actividades para el cálculo del estudio de tiempos con lecturas continuas: (Aldana, 2011)

1. Para obtener los tiempos elementales transcurridos, restar las lecturas consecutivas con lápiz rojo
2. Encerrar en un círculo y descartar todos los valores anormales o con anomalías siempre que pueda atribuírseles una causa evidente
3. Resumir los valores elementales restantes
4. Determinar el valor medio de los valores observados para cada elemento
5. Calcular el tiempo normal elemental, multiplicar el factor de actuación o deficiencia por el tiempo medio transcurrido
6. Sumar las tolerancias apropiadas a los valores normales elementales para obtener los tiempos elementales asignados
7. Resumir los tiempos elementales asignados al reverso de la forma de estudio con objeto de obtener el tiempo estándar (los elementos que ocurran más de una vez por ciclo se anotaran una sola vez, indicar el número de veces que ocurrieron y el producto resultante).

Secuencia de actividades para la técnica de nivelación elemental: (Aldana, 2011).

1. Restar las lecturas consecutivas para obtener los tiempos elementales transcurridos
2. Calcular los tiempos normales de cada elemento individual, multiplicar el factor de actuación o eficiencia por el valor del tiempo transcurrido y registrarlos
3. Encerrar en un círculo y descartar todos los valores anormales o anómalos y si es posible asignarles una causa evidente
4. Determinar la media de los tiempos normales elementales
5. Sumar a los valores normales elementales los márgenes o tolerancias apropiadas para obtener los tiempos elementales asignados.
6. Resumir los tiempos elementales asignados al reverso de la forma impresa para el estudio de tiempos a fin de obtener el tiempo estándar (los elementos que ocurran más de una vez por ciclo se anotaran una sola vez, indicar el número de veces que ocurrieron y el producto resultante).

Valoración del estudio de tiempos

Calificación de la actuación del operario

Para realizar este estudio es necesario establecer una calificación a cada operario de acuerdo al grado de habilidad y esfuerzo que aplica el operario, al tener este valor se realiza un ajuste a un valor nominal comprendido en un valor promedio de un operario eficiente y uno deficiente.

“Es básico poder ser preciso para ajustar el tiempo medio de cada elemento para hacer una buena labor de calificación y tener resultados acertados, evaluar la eficiencia del operador en términos de operario normal” (Niebel, 1998, pág. 394).

La calificación de la actuación es una técnica utilizada para establecer equitativamente el tiempo que emplea un operario normal para la ejecución de una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio, se define a un

operario normal, como al operador considerado como competente y experimentado, que realiza su trabajo en las condiciones estándar, a un ritmo constante (Criollo R. G., 2005).

Método de calificación

Sistema Westinghouse

Este método de calificación de la actuación es uno de los más antiguos y de los más utilizados por los analistas, desarrollado por Westinghouse Electric Corporation, el cual se basa en la calificación de cuatro factores fundamentales: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia (Niebel, 1998).

Calificación de la habilidad:

La habilidad se conoce como la destreza con la que se sigue un método, en el ámbito laboral se relaciona con la habilidad que posee un operario para coordinar sus manos y ojos simultáneamente. La habilidad se ve afectada por factores que se adquieren como lo es la experiencia que se aumenta con la práctica, y otros factores que son propios del operario como la coordinación natural (Criollo R. G., 2005).

Según el sistema Westinghouse la habilidad se califica desde +0.15 hasta -0.22, consideradas como habilidad extrema y habilidad deficiente respectivamente.

Tabla 18: Destreza o habilidad.

+0.15	.....	A1	Extrema
+0.13	.....	A2	Extrema
+0.11	.....	B1	Excelente
+0.08	.....	B2	Excelente
+0.06	.....	C1	Buena
+0.03	.....	C2	Buena
0.00	.....	D	Regular
-0.05	.....	E1	Aceptable
-0.10	.....	E2	Aceptable
-0.16	.....	F1	Deficiente
-0.22	.....	F2	Deficiente

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 414).

Calificación del esfuerzo

La calificación del esfuerzo se realiza con base al empeño demostrado para trabajar con eficiencia, el empeño se relaciona con la rapidez con la que se usa la habilidad, es importante diferenciar el empeño efectivo empleado en la ejecución de tareas, ya que en algunas ocasiones el operador realiza tareas que no aportan avance, esto con el fin de aumentar los tiempos de cada ciclo estudiado (Niebel, 1998).

Tabla 19: Esfuerzo o empeño.

+0.13	.....	A1	Excesivo
+0.12	.....	A2	Excesivo
+0.10	.....	B1	Excelente
+0.08	.....	B2	Excelente
+0.05	.....	C1	Bueno
+0.02	.....	C2	Bueno
0.00	.....	D	Regular
-0.04	.....	E1	Aceptable
-0.08	.....	E2	Aceptable
-0.12	.....	F1	Deficiente
-0.17	.....	F2	Deficiente

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 415)

Calificación de las condiciones

La calificación de las condiciones se realiza al evaluar las condiciones que afectan directamente al operario en su estación de trabajo, estas suelen ser la temperatura, la iluminación, ventilación y ruido. Según el sistema Westinghouse las condiciones se califica desde +0.06 hasta -0.07, consideradas como ideales y deficientes respectivamente. La evaluación se realiza en base a las condiciones en las que normalmente se mantiene la estación de trabajo (Criollo R. G., 2005).

Tabla 20: Condiciones.

+0.06	.....	A	Ideales
+0.04	.....	B	Excelentes
+0.02	.....	C	Buenas
0.00	.....	D	Regulares
-0.03	.....	E	Aceptables
-0.07	.....	F	Deficientes

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 416).

Calificación de la consistencia del Operario

La calificación de la consistencia evalúa la regularidad con la que se repiten los tiempos cronometrados por cada elemento, por tanto, si los tiempos registrados de un elemento no se repiten constantemente se califica como una consistencia deficiente, caso contrario si los tiempos cronometrados son constantes se considera como una consistencia perfecta. La calificación de la consistencia es aplicada únicamente a las tareas manuales, dado que las tareas que son ejecutadas con máquinas son constantes por lo cual siempre son calificadas como 1.00 (Niebel, 1998).

Tabla 21: Consistencia.

+0.04	.....	A	Perfecta
+0.03	.....	B	Excelente
+0.01	.....	C	Buena
0.00	.....	D	Regular
-0.02	.....	E	Aceptable
-0.04	.....	F	Deficiente

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 416).

Al finalizar la evaluación de los cuatro factores de la calificación de la actuación, estos son sumados algebraicamente, posterior a esto se le suma 1.00, para obtener el factor de actuación.

Suplementos del estudio de tiempos:

Márgenes o Tolerancias (Niebel, 1998, págs. 435-454)

Son la suma de todas las interrupciones y demoras presentes en un proceso para poder continuar la producción. Así mismo es el porcentaje estudiado que se le debe asignar al trabajador para que el tiempo estándar sea justo y mantenible a un ritmo normal medio continuo durante las jornadas de trabajo.

La Oficina Internacional del Trabajo proporciona una tabla que incluye todos los factores de tolerancia aplicables a los retrasos personales y por fatiga,

Tabla 22: Márgenes o tolerancias (Oficina Internacional del Trabajo).

A. Tolerancias Constantes:	
1. Tolerancias personales.....	5
2. Tolerancia básica por fatiga.....	4
B. Tolerancias variables:	
1. Tolerancia por estar de pie.....	2
2. Tolerancia por posición no normal:	
a. Ligeramente molesta.....	0
b. Molesta.....	2
c. Muy molesta.....	7
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar, empujar, tirar):	
Peso levantado (kilogramos y libras respectivamente)	
2.5; 5.....	0
5; 10.....	1
7.5; 15.....	2
10; 20.....	3
12.5; 25.....	4
15; 30.....	5
17.5; 35.....	7
20; 40.....	9
22.5; 45.....	11
25; 50.....	50
30; 60.....	17
35; 70.....	22
4. Alumbrado deficiente:	
a. Ligeramente inferior a lo recomendado.....	0
b. Muy inferior.....	2
c. Sumamente inadecuado.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor-humedad)-variables.....	0-10
6. Atención estricta:	
a. Trabajo moderadamente fino.....	0
b. Trabajo fino o de gran cuidado.....	2
c. Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a. Continuo.....	0
b. Intermitente-fuerte.....	2

c. Intermitente-muy fuerte.....	5
d. De alto volumen-fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a. Proceso moderadamente complicado.....	1
b. Proceso complicado que quiere amplia atención.....	4
c. Muy complicado.....	8
9. Monotonía:	
a. Escasas.....	0
b. Moderada.....	1
c. Excesiva.....	4
10. Tedio:	
a. Algo tedioso.....	0
b. Tedioso.....	2
c. Muy tedioso.....	5

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 443).

Cuando se utilice esta tabla para calcular el factor de tolerancia, aplicable para el elemento del estudio, es importante considerar que las tolerancias constantes como los son los retrasos personales y por fatiga equivalentes al 9% siempre se incluyen dentro del cálculo, adicional a esto se consideran las demás tolerancias variables que apliquen según la naturaleza del elemento del estudio (Niebel, 1998).

Retrasos inevitables

Otro de los márgenes que se deben establecer son las demoras inevitables, estas demoras pueden ser las interrupciones realizadas por personas ajenas a la operación que se estudia, estas personas pueden ser los supervisores, el personal de logística, personal de control de calidad, los ingenieros de planta y cualquiera que interrumpa la operación normal de trabajo. Los márgenes para los retrasos inevitables suelen considerarse de 0.03 a 0.05 (Criollo R. G., 2005).

Tabla 23: Aplicación de márgenes o tolerancias.

Personal	.....	5.00%
	
Fatiga	.....	6.05%
	
Retrasos Inevitables	.....	4.00%
	
Total	.....	15.50%
	
Factor de tolerancia=	$\frac{100\%}{100\% - 15.50\%}$	= 1.183

Fuente: (Niebel, 1998, pág. 454)

III. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.”, se identificó 1 población a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, la cual (profesionales) se direccionó a obtener información sobre el efecto; problema central y causa, respectivamente. Se trabajó la técnica del censo, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto; causa y problema central se trabajó con 5 profesionales que laboran para los departamentos de Gerencia General y Producción de la empresa.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez se comprueba la variable X o causa.

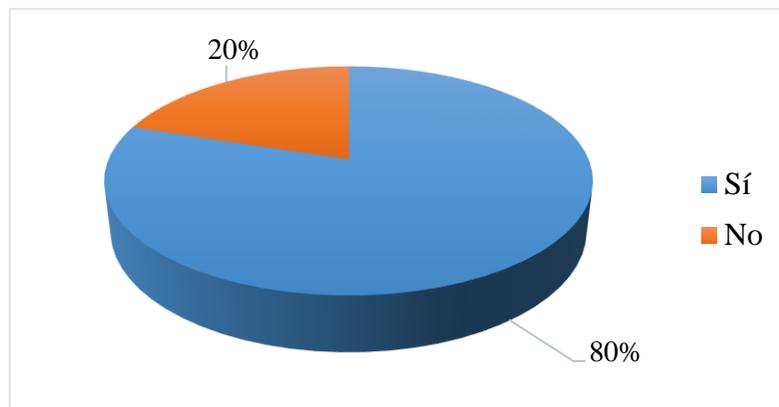
3.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

Cuadro 1: Conocimiento si existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	4	80%
No	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 1: Conocimiento si existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

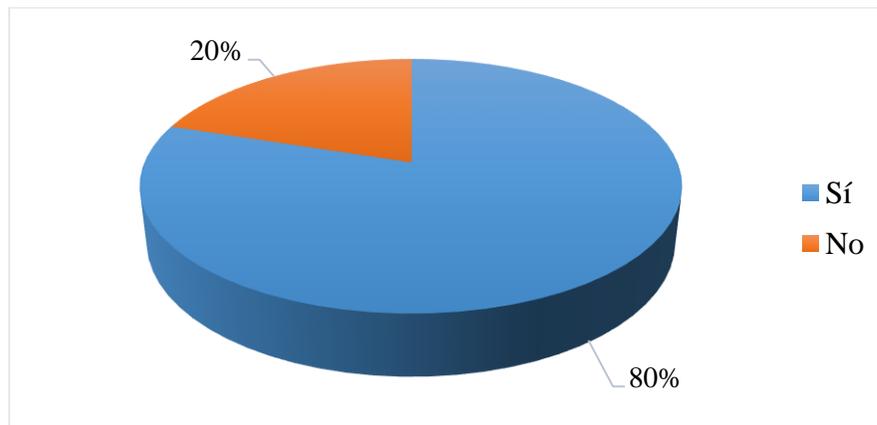
El efecto se confirma mediante la opinión de ocho décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si se ha tenido pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, mientras que solamente dos décimas, argumenta la situación contraria.

Cuadro 2: Conocimiento si en la empresa se han tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	4	80%
No	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 2: Conocimiento si en la empresa se han tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

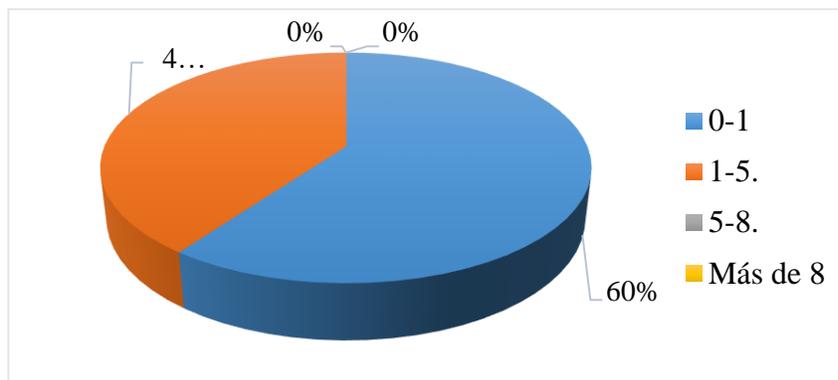
El efecto se confirma mediante la opinión de ocho décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si se ha tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, mientras que solamente dos décimas, argumenta la situación contraria.

Cuadro 3: Conocimiento de cuantas horas es la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
0-1	3	60%
1-5.	2	40%
5-8.	0	0%
Más de 8	0	0%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 3: Conocimiento de cuantas horas es la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

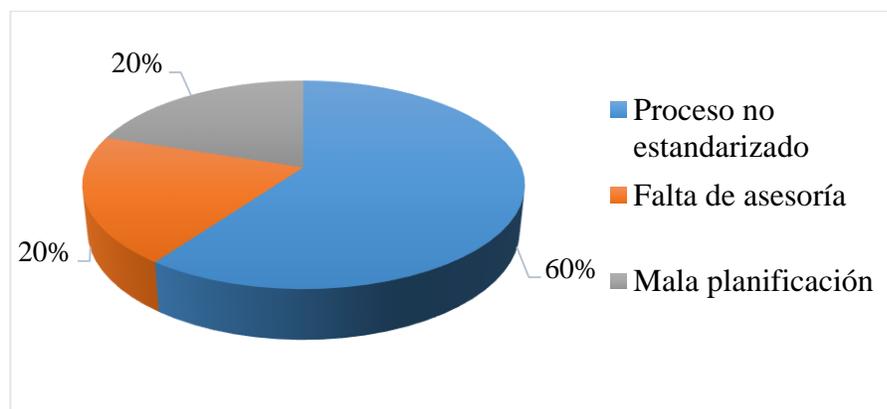
El efecto se confirma mediante la opinión de seis décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, la pérdida de tiempo efectivo, en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, es de 0 a 1 hora, mientras que cuatro décimas, argumenta que la pérdida de tiempo efectivo es de 1 a 5 horas.

Cuadro 4: Conocimiento de la causa de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Proceso no estandarizado	3	60%
Falta de asesoría	1	20%
Mala planificación	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 4: Conocimiento de la causa de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

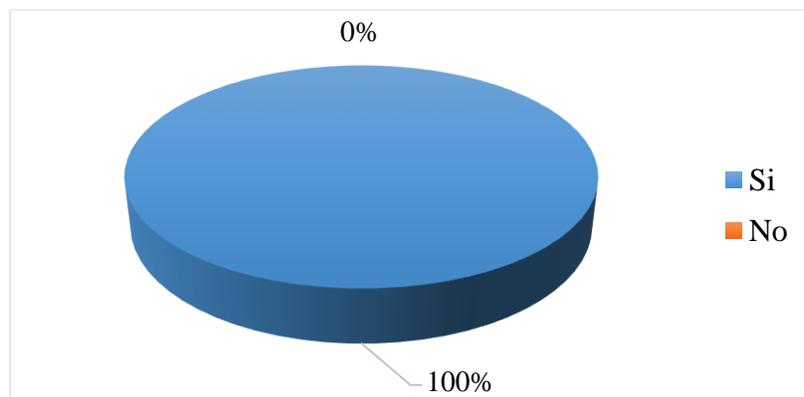
El efecto se confirma mediante la opinión de tres quintos de los profesionales encuestados, al indicar, que, la causa de la pérdida de tiempo efectivo, en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, es debido a que el proceso no se encuentra estandarizado, mientras que un quinto de profesionales argumenta que es debido a la falta de asesoría y el otro quinto opina que es por mala planificación.

Cuadro 5: Conocimientos sobre si es posible reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	5	100%
No	0	0%
Total	0	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 5: Conocimientos sobre la posibilidad de reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados, al indicar en su totalidad que, si es posible reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

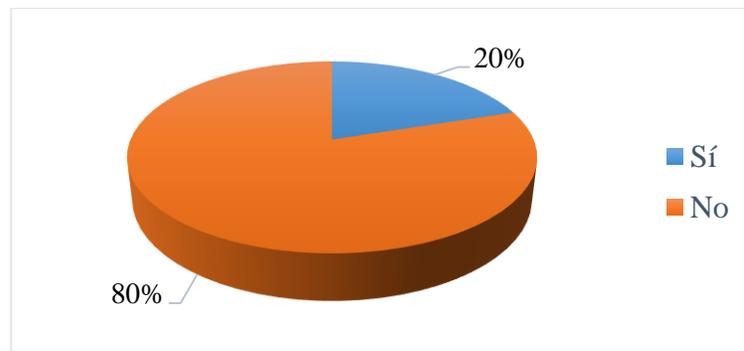
3.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente X (causa).

Cuadro 1: Conocimiento sobre la existencia de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	1	20%
No	4	80%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 1: Conocimiento sobre la existencia de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

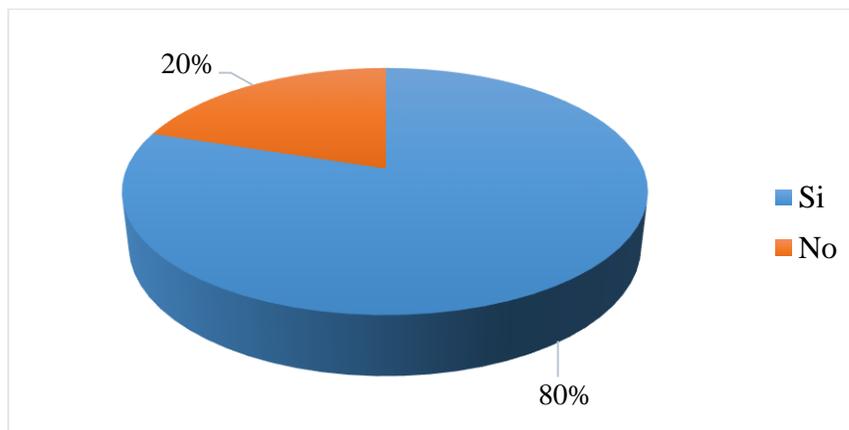
La causa se confirma mediante la opinión de ocho décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, no existe estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado en la empresa, mientras que solamente dos décimas, argumenta la situación contraria.

Cuadro 2: Conocimiento sobre la necesidad de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	4	80%
No	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 2: Conocimiento sobre la necesidad de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

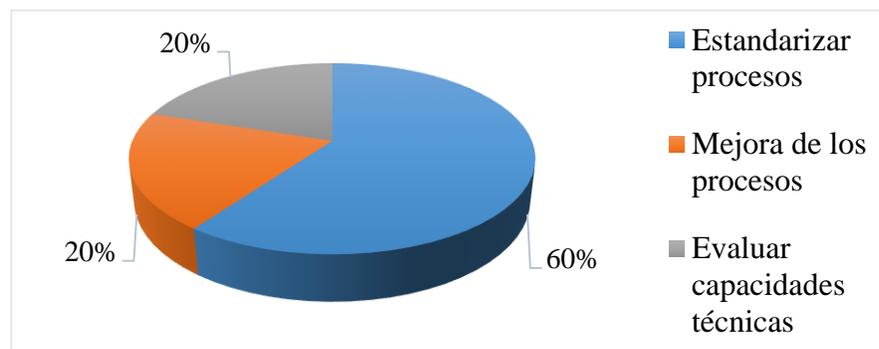
La causa se confirma mediante la opinión de ocho décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si es necesario implementar estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, mientras que solamente dos décimas, argumenta la situación contraria.

Cuadro 3: Conocimiento sobre las acciones que se deben contemplar al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Estandarizar procesos	3	60%
Mejora de los procesos	1	20%
Evaluar capacidades técnicas	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 3: Conocimiento sobre las acciones que se deben contemplar al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

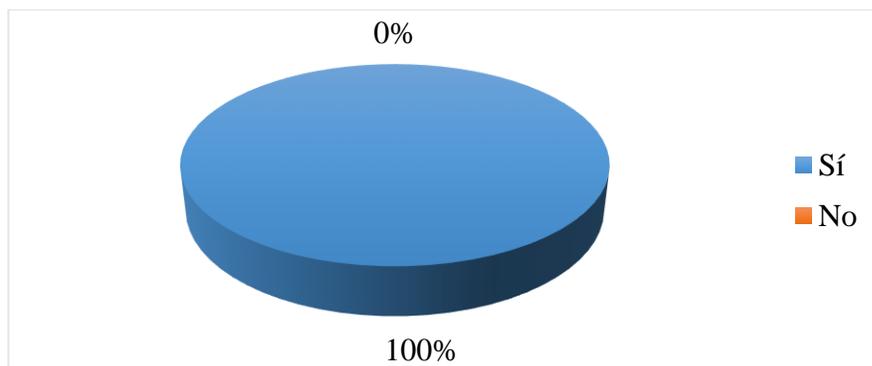
La causa se confirma mediante la opinión de tres quintos de los profesionales encuestados, al indicar, que es necesario estandarizar procesos al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado en la empresa, mientras que un quinto de profesionales argumenta que es necesario realizar mejora en los procesos y el otro quinto opina que es necesario evaluar capacidades técnicas.

Cuadro 4: Conocimiento sobre si la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 4: Conocimiento sobre si la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

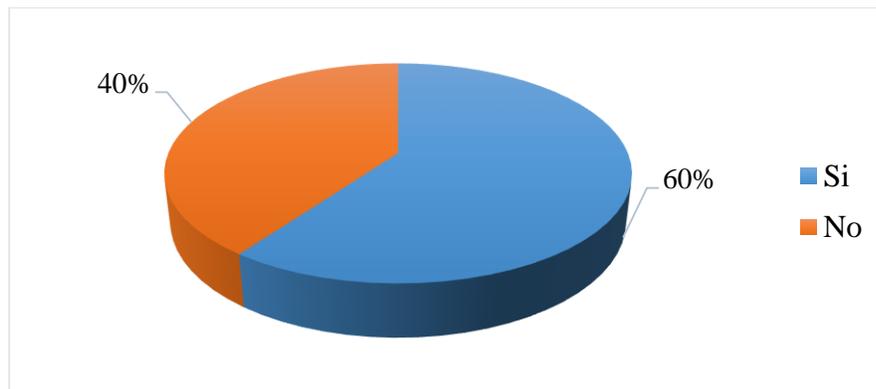
La causa se confirma mediante la opinión los profesionales encuestados, al indicar, en su totalidad que, la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas.

Cuadro 5: Conocimiento sobre si se contempla dentro de la planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	3	60%
No	2	40%
Total	11	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 5: Conocimiento sobre si se contempla dentro de la planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

La causa se confirma mediante la opinión de seis décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si se contempla dentro de la planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado en la empresa, mientras que cuatro décimas, argumenta la situación contraria.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

IV.1 Conclusiones: Las conclusiones se obtuvieron del análisis realizado a los resultados obtenidos del censo que se le realizó al personal del área de jefatura y asesoría técnica, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

1. Se comprueba la hipótesis: “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error para las 3 variables del árbol de problemas.
2. Si se ha tenido pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa.
3. Si se ha tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa.
4. La pérdida de tiempo efectivo, en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa, es mayor a una hora.
5. La causa de la pérdida de tiempo efectivo, en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa, es debido a que el proceso no se encuentra estandarizado.
6. No existe estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa.

7. La falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas.
8. Se afecta el proceso de formado de acero, ya que existe variación en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.
9. Las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa existen desde hace 1 a 3 años.
10. Las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, genera atraso en fecha de entrega del producto terminado.

IV.2 Recomendaciones.

1. Implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.
2. Reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa, mediante la implementación de estudio de tiempos.
3. Disminuir dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa, mediante la implementación de estudio de tiempos.

4. Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa, mediante la implementación de estudio de tiempos.
5. Implementar estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa.
6. Evitar variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, mediante implementación de estudio de tiempos.
7. Disminuir los atrasos en fecha de entrega del producto terminado, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work for the shopfloor*. New York: Standard Work for the shopfloor.
2. Aceros de Guatemala S.A. (1999, 04 01). Formulario para registro y análisis de fallas. Guatemala, Guatemala, Guatemala.
3. Aceros de Guatemala S.A. (2019, JUNIO 1). *CORPORACION AG*. Retrieved from CORPORACION AG: <https://www.corporacionag.com/>
4. Aldana, J. N. (2011). *Manual de prácticas para los cursos del área de producción*. Guatemala.
5. Asociación Latinoamericana del Acero. (2019). *ALACERO*. Retrieved from ALACERO: <https://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>
6. ASTM INTERNATIONAL. (2019). *ASTM A615/A615M-09 / COGUANOR NTG36011*.
7. CAP S.A. (2000, Noviembre 17). *Info Acero*. Retrieved from Info Acero: https://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm
8. CEO, A. (2019). *Termiser plataformas y andamios*. Retrieved from Termiser plataformas y andamios: <https://www.termiser.com/acero-estructural-que-es-como-se-fabrica/>
9. Conferencia Internacional del Trabajo 107A reunión, C. (2018). Garantizar un tiempo de trabajo docente para el futuro. *Garantizar un tiempo de trabajo docente para el futuro*, (p. 10). Ginebra.
10. Criollo, R. G. (2005). *Estudio del Trabajo. 2ª. Segunda Edición*. México: McGraw-Hill.
11. Criollo, R. G. (n.d.). *Estudio de trabajo, ingeniería de metodos y medición del trabajo*.
12. Davidson, M. (2013, 10 09). *Blog de Transformación Industrial*. Retrieved from <https://blog.lnsresearch.com/blog/bid/188295/28-manufacturing-metrics-that-actually-matter-the-ones-we-rely-on>
13. Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2014). *FP Básica Mecanizado y Soldadura*. Madrid: Editex.
14. Federación de enseñanza de CC. OO. de Andalucía. (2011). Tipos de esfuerzos físicos. *Temas para la educación*, 18.

15. Fonseca, A. (2019, Junio 25). Productividad en la industria del figurado del acero. (J. Gómez, Interviewer)
16. Fuentes, E. (2019, marzo 18). EL acero figurado en Aceros de Guatemala. (J. Gómez, Interviewer)
17. Garcia, R. (2005). *Estudio del trabajo*. España: MC Graw Hill Interamericana.
18. Guliáev, A. P. (1978). *Metalgrafía*. Mosú: Mir.
19. Iñiguez, H. G. (1982). *Tiempo y espacio en Aristoteles y Kant*. Chile: Andres Bello.
20. Martínez, M. R. (2005). *El Método MR: maximización de resultados para la pequeña empresa de servicios*. Bogotá: Norma.
21. Metaldeck. (2004). *Manual Técnico*. COLOMBIA: Synergia pv.
22. Ministerio de trabajo y previsión social. (n.d.). Código de Trabajo Republica de Guatemala decreto No.1441. In M. d. social, *Código de Trabajo Republica de Guatemala decreto No.1441* (pp. 52, Artículo 116). Guatemala: Distribuidora Universal 2000.
23. Muñoz, E. N. (2019, 06 05). Sistema automatico de llenado. (J. N. Ruano, Interviewer) Guatemala, Guatemala.
24. Niebel, B. W. (1998). *Ingenieria Industrial Metodos, Tiempo y Movimienots*. Mexico: Editorial alfaomega.
25. NOVACERO. (2018). *NOVACERO*. Retrieved from NOVACERO: <http://www.novacero.com/blog/?p=20>
26. Organización Internacional del Trabajo OIT. (2019). *Organización Internacional del Trabajo OIT*. Retrieved from Organización Internacional del Trabajo OIT: <https://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-construyen-indicadores>
27. Pacheco, J. (2017, 09 12). *Heflo*. Retrieved from Heflo: <https://www.heflo.com/es/blog/bpm/estandarizacion-procesos/>
28. Palmeri, K. (2017). *Aceros*. México.
29. Pereira, N., & Castillo Falcato, N. (1984). *Economía, organización y planificación de la producción industrial, Volumen 2*. Cuba: Editora Política.

30. Perez, R. O. (2019, 06 10). Lavado externo llenadora tetra pak. (J. N. Ruano, Interviewer)
31. Progressa Lean. (2014, 09 16). *Progressa Lean*. Retrieved from Progressa Lean: <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>
32. Ríes, W. (2007). *Control de tiempos*. Brasil: Grupo Gerdau.
33. Ruiz, A. (2016). *Control Estadístico de Procesos*. Madrid: Universidad Pontifica Madrid.
34. Schafer, J. A. (2013). *Universidad Rafael Landivar*. Retrieved from http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/pro_ma/5.pdf
35. Schnell, G. (2019). *Schnell*. Retrieved from Schnell: <https://www.schnellgroup.es/es/>
36. Solbern. (2019). *Llenadora de líquido*. Retrieved JUNIO 16, 2019, from Solbern: <https://www.solbern.com/liquids.html>
37. Solé, J. (2013, 03 23). *Procesos, Estrategias y Operaciones*. Retrieved from Liderazgo Distribuido Generador de Innovación, Personas, Lean Management, Continuous JIT: <http://javiersole.com/?p=2981>
38. Sols, A. (2000). *Fiabilidad, Manteniabilidad, Efectividad*. Madrid: Gráficas Muriel.
39. Soreano, E. J., & Ferrer Ruiz, J. (2014). *Mecanizado y Soldadura*. Madrid: Editex.
40. Tetra pak. (2018). *Tetra pak A3/Speed*. Retrieved JUNIO 16, 2019, from Tetra pak: <https://www.tetrapak.com/mx/packaging/tetra-pak-a3speed>
41. Toledo, M. (2019, 06 06). Lavado CIP. (J. N. Ruano, Interviewer)
42. Vallejos, E. (2019, Junio 29). Tiempo efectivo y su pérdida. (J. E. Pérez, Interviewer)
43. Zapata, J. F. (2013). *Diseño de Elementos de Máquinas I*. Piura: Universidad Nacional de Piura.

ANEXOS

Anexo 1: Modelo de Investigación y proyectos: Dominó

F-30-07-2019-01

Modelo de Investigación y proyectos: Dominó

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Jorge Eduardo Gómez Pérez
Carné: 13-023-0092

Para: Programa de graduación

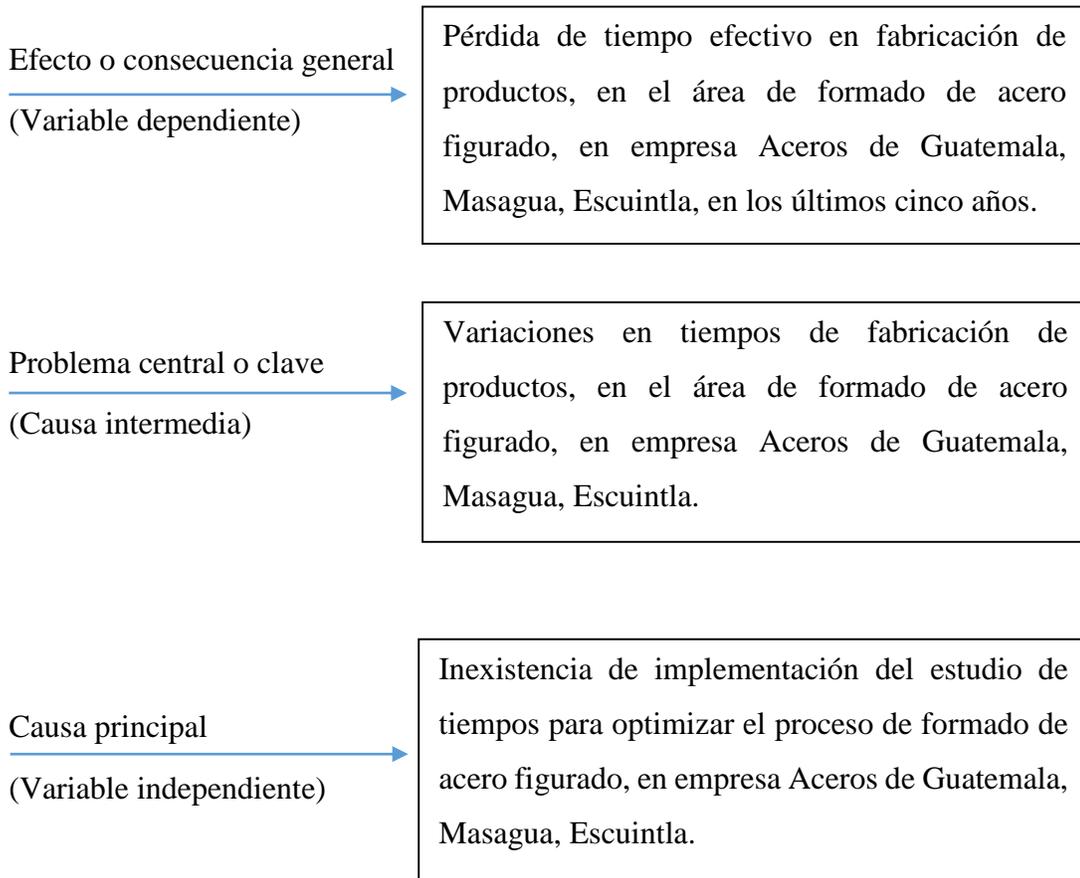
Fecha: 31/05/2022

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente Pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años.</p>	<p>4) Objetivo general Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al quinto año de implementada la propuesta se disminuyen los costos financieros de los productores de tabaco 20%. Verificadores: Registros de compras de insumos semestrales. Cooperantes o Supuestos: CASA EXPORT LIMITED. Redactar supuesto.</p>
<p>2) Problema central Variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.</p>	<p>5) Objetivo específico Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.</p>	
<p>3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.</p>	<p>6) Nombre Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: A partir del 1er año alcanzar una reducción de un 30% de la incidencia del gusano del tabaco (Manduca sexta). Verificadores: Umbrales económicos aplicados al cultivo de tabaco. Cooperantes o Supuestos: Asesores técnicos, productores de tabaco.</p>
<p>7) Hipótesis “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”. ¿Será la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, la causante de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación?”</p>	<p>12) Resultados o productos 1. Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Producción de la empresa. 2. Se dispone de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado. 3. Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado.</p>	
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes departamentos: Producción y Gerencia General; de empresa Aceros de Guatemala; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.</p>	<p>13) Ajuste de costos y tiempo (No aplica)</p>	

<p>1. ¿Considera usted que existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa? Si___ No___</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal- Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes departamentos: Producción y Gerencia General; de empresa Aceros de Guatemala 1.¿Conoce si existe estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa? Si___ No___</p>	<p>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias El estudiante debe identificar y desarrollar al menos cuatro actividades para cada resultado, el cual debe tener la estructura siguiente: Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Producción de la empresa.</p>
<p>10) Temas del Marco Teórico Indicadores de la pérdida de tiempos efectivos. Acero. Acero Figurado. Indicadores de la pérdida de tiempo efectivo del proceso de formado de acero figurado. Variaciones de tiempo de procesos. Estandarización de procesos. Estudio de Tiempos</p>	<p>A1.... A4</p>
<p>11) Justificación El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas. Así mismo, debe justificar la importancia de la implementación del plan.</p>	

Anexo 2: Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Tópico: Variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado.



Hipótesis causal:

“La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”.

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, la causante de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación?

Árbol de objetivos

Fin u objeto general



Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

Objetivo específico



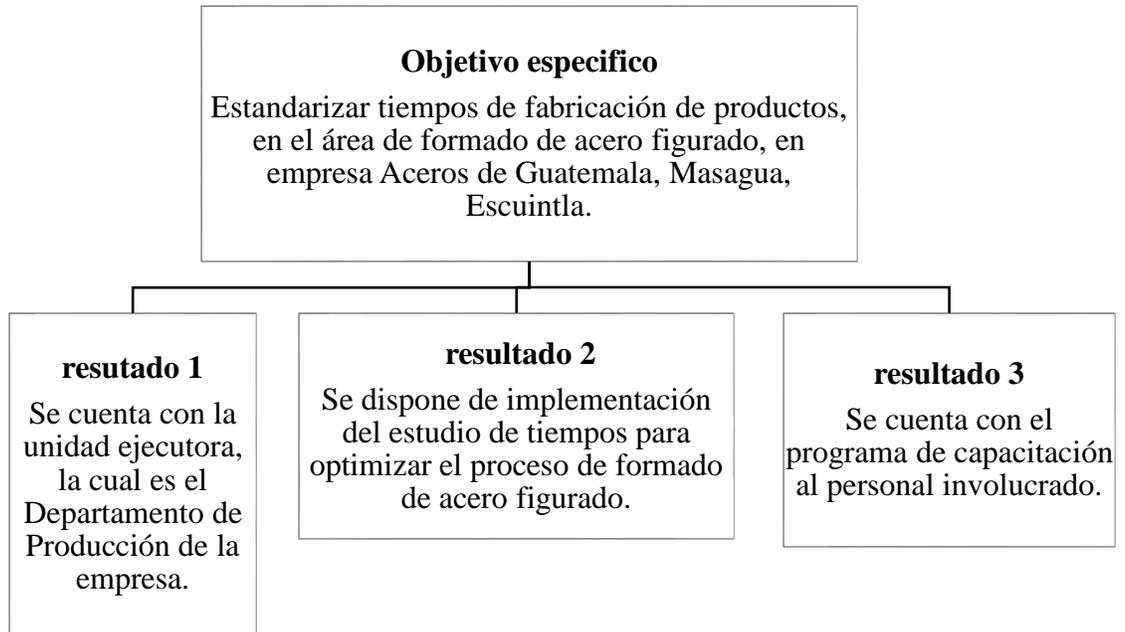
Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

Medio de solución



Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática



Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años.”**

Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes departamentos: Producción y Gerencia General; de empresa Aceros de Guatemala; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa?

Si_____ No_____

2. ¿Ha tenido dificultades por la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa?

Si_____ No_____

3. ¿En cuánto tiempo considera la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa en horas?

3.1. 0-1_____

3.2. 1-5_____

3.3. 5-8_____

3.4. Más de 8_____

4. ¿Cuál es la causa de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa?

4.1. Proceso no estandarizado_____

4.2. Falta de asesoría_____

4.3. Mala planificación_____

5. ¿Considera usted que se puede reducir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en la empresa?

Si_____ No_____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.”**

Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes departamentos: Producción y Gerencia General; de empresa Aceros de Guatemala; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Conoce si existe estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa?

Si_____ No_____

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa?

Si_____ No_____

3. ¿Qué acciones considera usted que se deben contemplar al momento de implementar el estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa?

3.1 Estandarización de procesos _____

3.2 Mejora de los procesos _____

3.3 Evaluar capacidades técnicas _____

4. ¿Cree usted que la falta de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa, afecta sus actividades productivas?

Si _____ No _____

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en la empresa?

Si _____ No _____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 6: Boleta de investigación para la comprobación del diagnóstico de la problemática.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Problema Central

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar problema central siguiente: **“Variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.”**

Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes departamentos: Producción y Gerencia General; de empresa Aceros de Guatemala; con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder y marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera que existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa?

Si _____ No _____

2. ¿Conoce alguna forma de evitar las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa?

Si _____ No _____

3. ¿Desde hace cuánto tiempo sabe que existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa?

3.1. 0-1 años_____

3.2. 1-3 años_____

3.3. 3-5 años_____

4. ¿Cómo considera que afecta a las actividades de la empresa las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa?

4.1 Alto costo de producción_____

4.2 Atraso en las fechas de entrega del producto terminado_____

4.3 Pérdida de clientes_____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población efecto; causa y problema central, respectivamente, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que todas son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas, por lo que se consideró a la totalidad.

Anexo 8: Comentario sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años.”

Requisito. $+>0.80$ y $+<1$

Año	X (años)	Y (Kg de desechos acumulados)	XY	X ²	Y ²
2017	1	5618.34	5618.34	1	31565744.36
2018	2	5533.29	11066.58	4	30617298.22
2019	3	6159.44	18478.32	9	37938701.11
2020	4	6799.07	27196.28	16	46227352.86
2021	5	6945.01	34725.05	25	48233163.90
Totales	15	31055	97084.57	55	194582260.46

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	97084.57
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	194582260.46
$\sum Y=$	31055.15
$n\sum XY=$	485422.85
$\sum X*\sum Y=$	465827.25
Numerador=	19595.6

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	972911302.29
$(\sum Y)^2=$	964422341.52
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	8488960.769
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*$	424448038.45
Denominador:	20602.13674
r=	0.951144061

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.95$ se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 9: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

Año	X (años)	Y (Kg de desechos acumulados)	XY	X ²	Y ²
2017	1	5618.34	5618.34	1	31565744.36
2018	2	5533.29	11066.58	4	30617298.22
2019	3	6159.44	18478.32	9	37938701.11
2020	4	6799.07	27196.28	16	46227352.86
2021	5	6945.01	34725.05	25	48233163.90
Totales	15	31055.15	97084.57	55	194582260.46

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	97084.57
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	194582260.46
$\sum Y=$	31055.15
$n\sum XY=$	485422.85
$\sum X*\sum Y=$	465827.25
Numerador de b	19595.6
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	391.912
Numerador de a:	
$\sum Y=$	31055.15
$b * \sum X =$	5878.68
Numerador de a:	
a:	25176.470
a=	5035.294

Fórmulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	5035.294	+	391.912	X
Y(2022)=	5035.294	+	391.912	6
Y(2022)=	7386.77			
Y(2022)=	7386.77 horas de tiempo efectivo perdido			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	5035.294	+	391.912	X
Y(2023)=	5035.294	+	391.912	7
Y(2023)=	7778.68			
Y(2023)=	7778.68 horas de tiempo efectivo perdido			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	5035.294	+	391.912	X
Y(2024)=	5035.294	+	391.912	8
Y(2024)=	8170.59			
Y(2024)=	8170.59 horas de tiempo efectivo perdido			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	5035.294	+	391.912	X
Y(2025)=	5035.294	+	391.912	9
Y(2025)=	8562.50			
Y(2025)=	8562.50 horas de tiempo efectivo perdido			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	5035.294	+	391.912	X
Y(2026)=	5035.294	+	391.912	10
Y(2026)=	8954.41			
Y(2026)=	8954.41 horas de tiempo efectivo perdido			

Proyección con proyecto

Año	6 (2022)	7 (2023)	8 (2024)	9 (2025)	10 (2026)	
Resultado						
Resultado 1 (Unidad ejecutora)						Solución
Espacio físico	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	
Material y equipo	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	
Personal técnico	1.00%	1.00%	3.00%	2.00%	3.00%	
Recursos financieros	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	
Resultado 2 (Estudio de tiempos)						
Actividad 1	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	
Actividad 2	1.00%	1.00%	2.00%	3.00%	3.00%	
Actividad 3	1.00%	1.00%	2.00%	3.00%	3.00%	
Actividad 4	1.00%	1.00%	2.00%	3.00%	2.00%	
Actividad 5	2.00%	2.00%	2.00%	3.00%	3.00%	
Actividad 6	2.00%	2.00%	2.00%	3.00%	3.00%	
Resultado 3 (Capacitación)						
Actividad 1	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	
Actividad 2	2.00%	2.00%	2.00%	3.00%	3.00%	
Total	15.00%	15.00%	20.00%	25.00%	25.00%	100.00%

Año a proyectar	=	Año anterior	más o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
Y (2022)	=	Y(2021)	-	15%	=
Y (2022)	=	6945.01	-	1041.75	5903.26
Y (2022)	=	5903.26	horas de tiempo efectivo pérdida		

Y (2023)	=	Y(2022)	-	15%	=
Y (2023)	=	5903.26	-	885.49	5017.77
Y (2023)	=	5017.77	horas de tiempo efectivo pérdida		

Y (2023)	=	Y(2022)	-	15%	=
Y (2023)	=	5903.26	-	885.49	5017.77
Y (2023)	=	5017.77	horas de tiempo efectivo perdido		

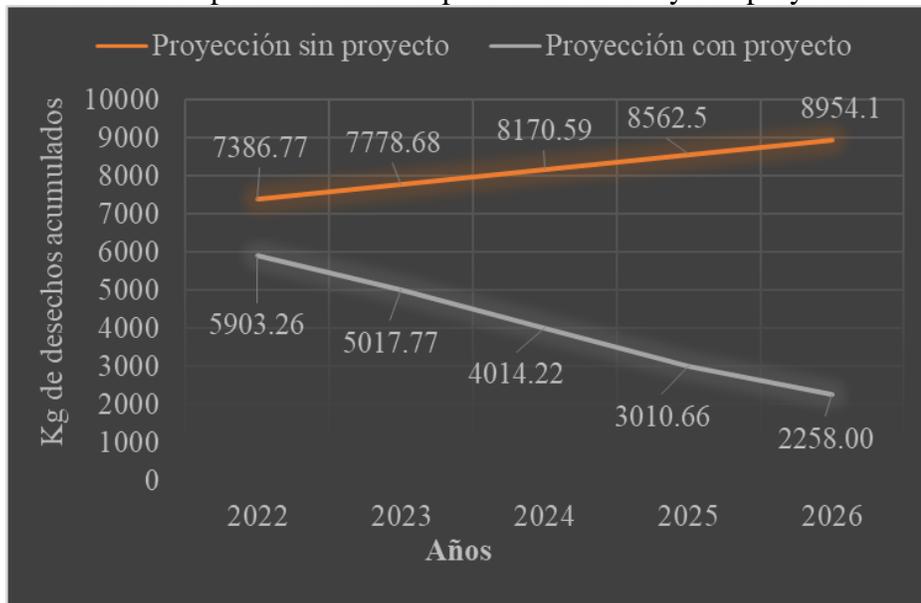
Y (2025)	=	Y(2024)	-	25%	=
Y (2025)	=	4014.22	-	1003.55	3010.66
Y (2025)	=	3010.66	horas de tiempo efectivo perdido		

Y (2026)	=	Y(2025)	-	25%	=
Y (2026)	=	3010.66	-	752.67	2258.00
Y (2026)	=	2258.00	horas de tiempo efectivo perdido		

Cuadro comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	7386.77	5903.26
2023	7778.68	5017.77
2024	8170.59	4014.22
2025	8562.5	3010.66
2026	8954.1	2258.00

Gráfica del comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis: Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Anexo 10. Diagnóstico de la problemática.

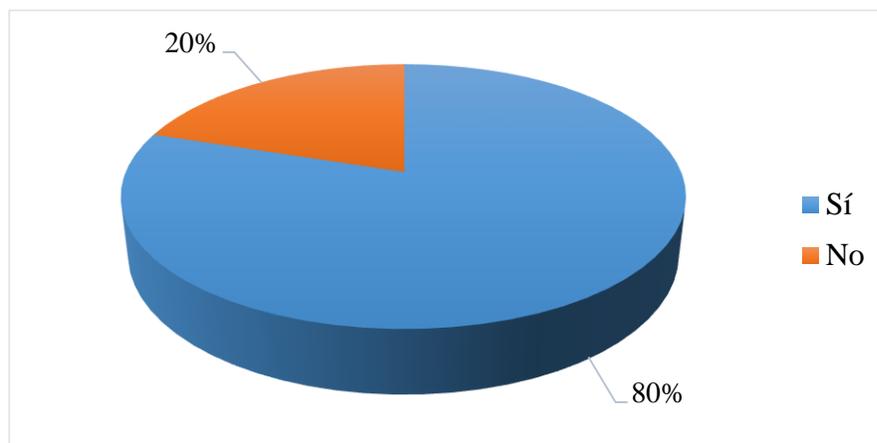
Cuadros y gráficas para la comprobación del problema central.

Cuadro 1: Conocimiento sobre si existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	4	80%
No	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 1: Conocimiento sobre si existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

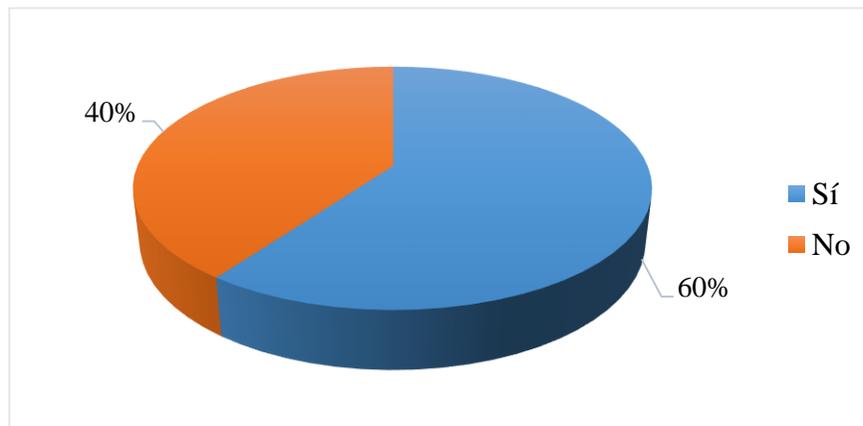
El problema central se confirma mediante la opinión de ocho décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, mientras que dos décimas, argumentan la situación contraria.

Cuadro 2: Conocimiento sobre si existe alguna forma de evitar las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Sí	3	60%
No	2	40%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 2: Conocimiento sobre si existe alguna forma de evitar las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

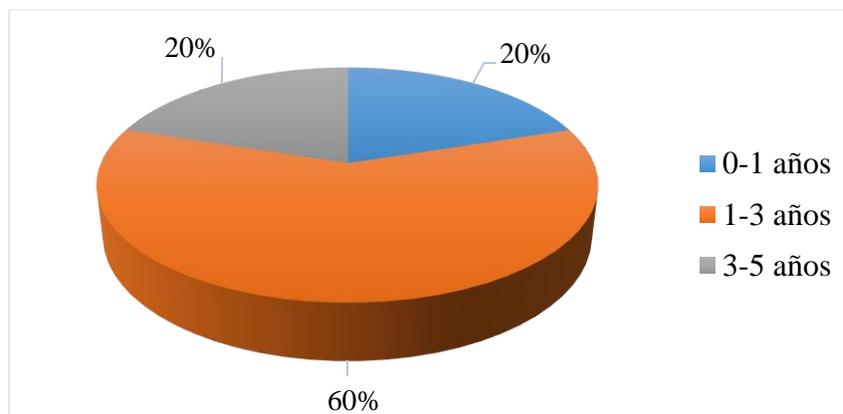
El problema central se confirma mediante la opinión de seis décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, si existe alguna forma de evitar las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, mientras que cuatro décimas, argumentan la situación contraria.

Cuadro 3: Conocimiento sobre hace cuánto tiempo existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
0-1 años	1	20%
1-3 años	3	60%
3-5 años	1	20%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 3: Conocimiento sobre hace cuánto tiempo existen variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

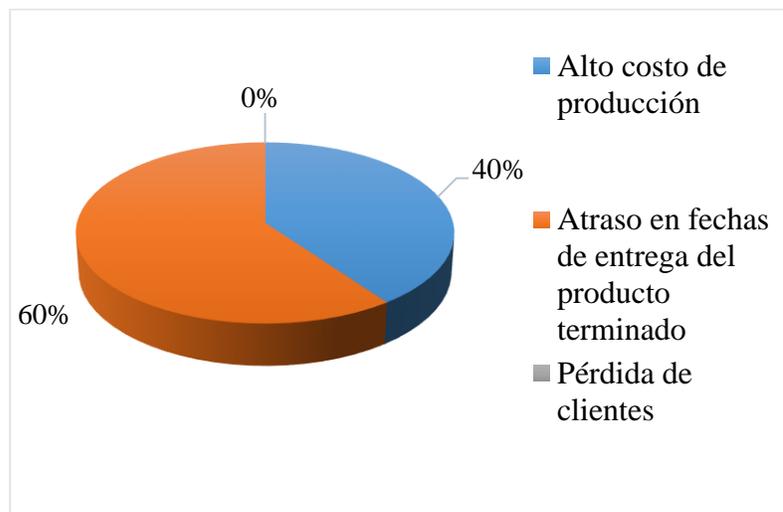
El problema central se confirma mediante la opinión de tres quintos de los profesionales encuestados, al indicar, que, las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa existen desde hace 1 a 3 años, mientras que un quinto de profesionales argumenta que existen desde hace menos de 1 año y el otro quinto opina que existen hace más de 3 años.

Cuadro 4: Conocimiento sobre cómo afecta a las actividades de la empresa las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor Relativo
Alto costo de producción	2	40%
Atraso en fechas de entrega de producto terminado	3	60%
Pérdida de clientes	0	0%
Total	5	100%

Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Gráfica 4: Conocimiento sobre cómo afecta a las actividades de la empresa las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa.



Fuente: profesionales encuestados, junio 2019

Análisis

El problema central se confirma mediante la opinión de seis décimas de los profesionales encuestados, al indicar, que, las variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado en la empresa, genera atraso en fecha de entrega del producto terminado, mientras que cuatro décimas de profesionales argumentan que las variaciones generan alto costo de producción.

Jorge Eduardo Gómez Pérez

TOMO II

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE FORMADO DE ACERO FIGURADO, EN EMPRESA ACEROS
DE GUATEMALA, MASAGUA, ESCUINTLA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022.

Esta tesis fue presentada por el autor,
previo a obtener el título universitario de
Licenciado en Ingeniería Industrial con
énfasis en Recursos Naturales
Renovables.

Índice

Contenido	Página
Prólogo	
Presentación	
I. RESUMEN.....	1
II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	10
ANEXOS	

Prólogo

De acuerdo a los estatutos y reglamento del programa de graduación de Universidad Rural de Guatemala y previo a obtener el título universitario de Ingeniería Industrial, en el grado académico de Licenciatura, se llevó a cabo el estudio “Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.” que pretende resolver el problema de variaciones en tiempos de fabricación de productos del proceso de formado de acero figurado.

Las variaciones en tiempos de fabricación de productos de acero figurado, conllevan a tener mal cálculo de tiempos de producción, de la misma manera afecta el control de los programas de producción y como resultado se pueden generar entregas fuera de tiempo, de lotes de producción.

Con la implementación del estudio de tiempos, se busca disminuir la pérdida de tiempo efectivo, mediante la estandarización de tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, el cual afecta directamente a la productividad del proceso y la capacidad de entrega en tiempo de los productos planificados, según la necesidades de los clientes tanto internos como externos.

Un proceso productivo estandarizado y controlado, permite el uso eficiente de los recursos materiales y humano con los cuales se dispone, lo que llevará a reducción de costo de producción y el aumento de la productividad del proceso, así como la satisfacción de los clientes internos y externos.

Se espera que este estudio sea una fuente de consulta, conocimientos y de utilidad práctica para los estudiantes y que el modelo pueda replicarse en otras empresas en la República de Guatemala o que pueda adaptarse en otras organizaciones de la misma naturaleza.

Presentación

Este trabajo de tesis titulado “Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.”, fue realizado de enero a marzo del año dos mil veintiuno en cumplimiento a los estatutos y programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala, y como requisito a obtener el título universitario de Ingeniería Industrial, en el grado académico de Licenciatura.

El informe final de graduación es un aporte enfocado a disminuir la pérdida de tiempo efectivo, en la fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado a través de la estandarización de tiempos de fabricación, que se lograra por medio de la implementación del estudio de tiempos en el proceso productivo.

La elaboración del presente informe se realizó mediante el diagnóstico y análisis del problema central, se utilizó la técnica del árbol de problemas para establecer las causas y efectos que generan la problemática; posteriormente se establecieron los objetivos y medios de solución, al pasar el árbol de problemas a positivo.

El medio de solución que es Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, consta de tres resultados que son: contar con la unidad ejecutora, disponer de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado y contar con el programa de capacitación al personal involucrado.

Para la elaboración del informe de investigación, la Universidad Rural de Guatemala, de acuerdo con los preceptos constituidos por la misma, creó los procedimientos y lineamientos adecuados, los que han servido como base para el desarrollo de esta investigación.

I. RESUMEN

Esta investigación nace del problema central definido a través del Método Científico y Método del Marco Lógico que es “Variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”.

La causa principal de este problema es “Inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”; actualmente por la inexistencia de la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso, se tienen pérdidas de tiempo efectivo en fabricación de productos. Por ello se propone como medio de solución la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

Con la implementación del estudio de tiempos se propone alcanzar el objetivo general de esta tesis, el cual consiste en “Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”, lo que dará también como resultado el incremento de la productividad del proceso productivo.

I.1 Planteamiento del problema

Durante el periodo y desarrollo de la investigación se identificó que existe pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos de acero figurado, lo cual impacta negativamente el proceso del figurado del acero de la empresa, al identificar el problema central, el cual es “variaciones en tiempos de fabricación de productos, en el área formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años.” Se verificó que la causa principal es la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

La pérdida de tiempo efectivo afecta negativamente al proceso productivo de empresa Aceros de Guatemala, ya que el aumento de la pérdida de tiempo efectivo año tras año, genera ineficiencias en el proceso, aumentando los tiempos de producción por cada tipo de productos de acero figurado, generando mayores costos de producción.

La pérdida de tiempo efectivo se genera cuando se emplea tiempo destinado para la producción, en tareas que son ajenas al proceso productivo y no tienen como fin producir.

Las variaciones en tiempos de fabricación de productos de acero figurado, conllevan a tener mal cálculo de tiempos de producción en el área de acero figurado, de la misma manera afecta el control de los programas de producción y por tanto se tienen entregas fuera de tiempo de lotes de producción.

La inexistencia de implementación del estudio de tiempos no permitirá optimizar el proceso de formado de acero figurado, por lo que el efecto principal seguirá en aumento.

I.2 Hipótesis

La hipótesis se definió por medio de la Metodología del Marco Lógico con la cual se pudieron establecer la causa y el efecto de la problemática, diagramadas en el árbol de problemas.

Hipótesis causal:

“La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”.

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, la causante de la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación?

I.3 Objetivos

Los objetivos de la investigación se pudieron establecer convirtiendo el efecto del problema en el objetivo general y el problema central en el objetivo específico, en otro sentido se convirtió el árbol de problemas de una situación negativa a una situación positiva, los objetivos quedaron diagramados en el árbol de objetivos, los cuales se definen así:

I.3.1 General

Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.3.2 Específico

Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.4 Justificación

Debido al aumento de pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años. La empresa no cuenta con estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, por lo tanto, es de suma importancia implementar estudio de tiempos, ya que ello contribuirá a disminuir la pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos en un 68% en referencia a los

resultados del año 2021, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

Al solucionar el problema con la propuesta de solución planteada, la empresa lograra el cumplimiento de sus objetivos establecidos, ya que contara con estudio de tiempos en el área de formado de acero figurado, además de estandarizar tiempos de fabricación de productos, los programas de producción se realizaran con mayor certeza y menor margen de error, se podrá optimizar el uso de mano de obra, lo que aumentara la satisfacción de los clientes internos como externos, al fabricar sus productos en el tiempo programado.

La propuesta de solución incluye el programa de capacitación al personal involucrado en el proceso productivo, lo que mejorará la efectividad de la propuesta de solución, ya que se contará con personal capacitado en los temas de reducción de pérdida de tiempo efectivo y estandarización de tiempos de producción, en el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

En caso contrario, si no se implementa el estudio de tiempos de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, seguirá el aumento de pérdida de tiempo efectivo en un 29% al cabo de 5 años, en referencia a los resultados del año 2021, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.

I.5 Metodología

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

I.5.1 Métodos

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método

utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el **deductivo**, el cual permitió conocer aspectos generales del área de formado de acero figurado de la empresa Aceros de Guatemala. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en el área de formado de acero figurado, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los empleados y jefaturas de tal área; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como el departamento de mantenimiento integrado, proveedores, asesoría técnica, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las **fichas bibliográficas** utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal de los departamentos de Gerencia General y Producción de la empresa, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Al tener una visión más clara sobre la problemática del área de formado de acero figurado, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el **método del marco lógico**, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. (La graficación de la hipótesis se encuentra en el anexo 1).

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado”.

El método del marco lógico, nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

1.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el **método inductivo**, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 profesionales que laboran para los departamentos de Gerencia General y Producción de la empresa; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el **método de estadístico y el método de análisis**, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que poseyeron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el **método de síntesis**, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (I.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Síntesis de resultados.

Se desarrolla la propuesta de solución al problema en la cual la unidad ejecutora, que es el departamento de producción de la empresa, será el encargado de la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, dicho plan se desarrolla en seis actividades principales que describen los pasos a seguir para la implementación de la propuesta de solución. Posteriormente a la implementación de la propuesta se desarrolla programa de capacitación al personal involucrado.

Para la evaluación del cumplimiento de los objetivos general y específico que son estandarizar tiempos de fabricación y disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, se dispone de la matriz de la estructura lógica.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

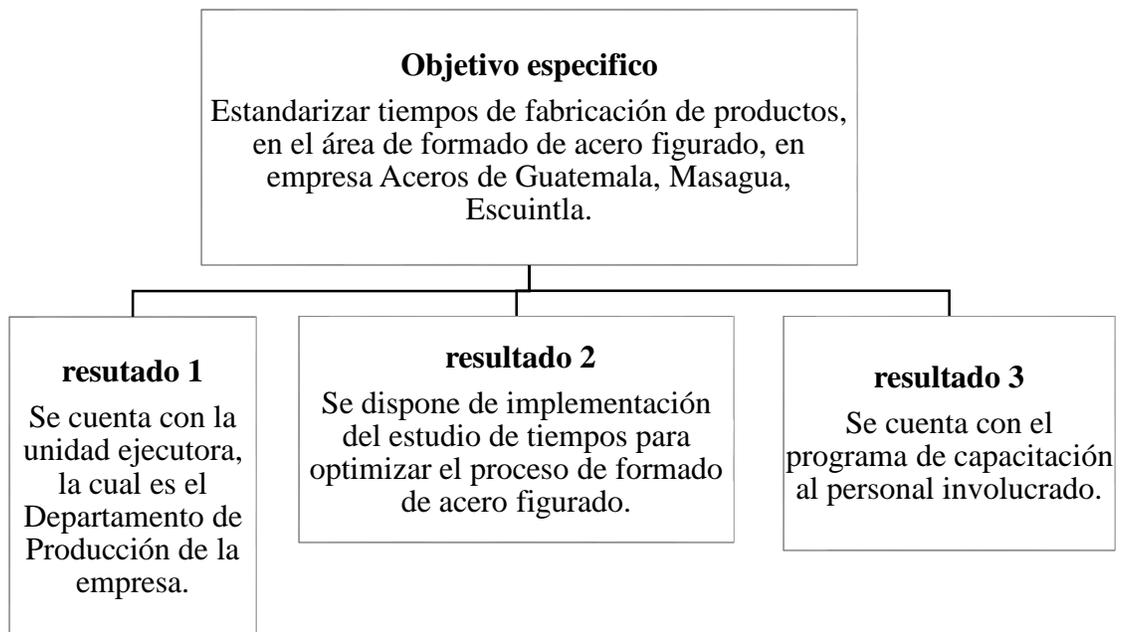
Se comprueba la hipótesis “La pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla, en los últimos cinco años, por variaciones en tiempos de fabricación, es debido a la inexistencia de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado” con el 100% de nivel de confianza y 0% de error para la variable Y (efecto); y con el 100% de nivel de confianza y 0% de error, para las variables X (causa) así como la variable interviniente diagnóstico de la problemática.

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del plan de “Implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla”.

ANEXOS

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática

El Departamento de Producción de la empresa es el encargado de la implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado, con el objetivo de estandarizar tiempos de fabricación de productos y posteriormente desarrollar un programa de capacitación para el personal involucrado.



Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Producción de la empresa.

Actividad 1: Habilitación de espacio físico.

Es necesario contar con una oficina de 6 metros cuadrados debe estar ubicada dentro de la planta de producción, para poder instalar ampliamente al personal asignado, la cual pueden ser las oficinas del Departamento de Producción de empresa.

Actividad 2: Adquisición de mobiliario y equipo.

Solicitar al área de Compras por medio de Gerencia, el siguiente listado de mobiliario y equipos, necesarios para que la unidad ejecutora pueda llevar a cabo la propuesta de solución.

- 4 equipos de cómputo
- 4 escritorios de oficina de 1mt de ancho por 2 metros de ancho
- 4 sillas secretariales giratorias

Actividad 3: Contratación del personal técnico.

Solicitar al área de Gestión Humana la contratación o asignación del siguiente personal técnico, de los cuales se describen las funciones principales.

Un Gerente de planta; encargado de liderar al equipo y gestionar los recursos necesarios para la ejecución de la propuesta de solución.

Un jefe de producción; encargado de la toma de decisiones en campo y evaluación de los avances de la propuesta de solución.

Un operador de sistema SAP; encargado del registro y tabulación de los datos obtenidos del estudio de tiempos, y manejo del sistema SAP.

Un planificador de la producción, que sea ingeniero industrial; encargado de la ejecución de la propuesta de solución, con conocimiento en estandarización de procesos y estudios de tiempos.

Actividad 4: Gestión de Recursos Financieros.

La empresa Aceros de Guatemala S.A., proporcionará los recursos necesarios para la operación de la unidad ejecutora. La gestión de los recursos financieros se realizará por medio del Área de Gerencia y en base a los procedimientos de la empresa.

Resultado 2: Plan para implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.

Actividad 1: Preparación del proceso.

Para iniciar con la implementación del estudio de tiempos es necesario obtener información que servirá para la correcta ejecución del estudio, por lo cual es necesario realizar tres acciones:

Acción 1 Selección del operador.

Para realizar la selección del operador que participará en el estudio de tiempos es necesario realizar una calificación de los factores contenidos en el cuadro 1.

Cuadro 1: Formulario para selección del operador.

Formulario para selección del operador							FRM-01
Asísta: <input type="text"/>		Fecha: <input type="text"/>		Número de estudio: <input type="text"/>			
Proceso: <input type="text"/>		Planta: <input type="text"/>					
Instrucciones:							
No.	Nombre	Puesto	Criterios a evaluar				Resultados
			Rendimiento	Conocimiento del proceso	Empatía por su trabajo	Colaboración		Promedio
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Resultado de evaluación:							
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>			
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>			
Analista		Supervisor		Jefe de planta			

Fuente: Gómez, J. octubre 2020.

Completar los datos generales del encabezado.

Enlistar los nombres y puestos de los operadores del proceso que se estudiara.

Realizar evaluación de los cuatro criterios propuestos los cuales son: rendimiento, nivel de conocimiento del proceso que se estudiará, la empatía por su trabajo y colaboración. La ponderación se realizará en una escala de 1 a 10, considerar 1 la ponderación más baja y 10 la ponderación máxima.

Realizar el promedio de las notas obtenidas en la evaluación por operador y colocar en la última columna el resultado obtenido.

Elegir al operador que obtenga el promedio más alto.

Acción 2: Analizar y comprobar el método de trabajo que se emplea.

Realizar una evaluación al proceso que se le realizara el estudio de tiempos. (Ver anexo 4.1)

Utilizar el anexo 4.1 para comprobar que el método utilizado es el estandarizado.

Completar los datos generales del encabezado.

Verificar el cumplimiento de los elementos a evaluar en el listado descrito en el formulario, los elementos que no se encuentren considerados dentro del listado, deben ser agregados en los ítems 11 y 12, la evaluación se pondera como conforme, no conforme o no aplica si fuera el caso.

Evaluar todos los elementos descritos en el formulario, solo los ítems evaluados como no conformes deben anotarse los hallazgos.

Únicamente los ítems que se evalúen como no conformes deben de ser tratados con un plan de acción, según se muestra en el anexo 4.1.

Para obtener el resultado calcular el porcentaje de ítems conformes obtenidos en la evaluación, utilizar la siguiente formula:

$$\% \text{ conformes} = (\text{ítems conformes} / \text{ítems totales}) * 100$$

Según el resultado obtenido, realizar la toma de decisiones según el recuadro **resultados de la evaluación**, indicado en el anexo 4.1.

Actividad 2: Ejecución de estudio de tiempos.

La ejecución del estudio de tiempos se realizará mediante el desarrollo de las cinco acciones descritas a continuación.

Acción 1: registro de información para el estudio de tiempos.

Completar el encabezado 3 de página 2, del anexo 4.2, el cual solicita los datos generales del proceso.

Completar los encabezados 5, 6 y 7, esta información es específica del proceso y producto a estudiar.

Acción 2: Dividir la tarea a evaluar en elementos.

Dividir y enlistar los elementos de la tarea que se estudiará, ingresar los datos en la columna elementos del apartado 2 del cuadro 2, llamado formulario para estudio de tiempos.

La división de elementos se realizará según la metodología de estudio de tiempos de Benjamín W. Niebel.

Acción 3: Cronometrar la tarea a estudiar.

Realizar la medición de los elementos desglosados, utilizar el método de cronometraje continuo.

Las lecturas obtenidas por cada elemento, anotarlas en las filas L del cuadro 2; y en las columnas correspondientes al ciclo observado.

Realizar el cálculo de los tiempos observados, restar la lectura actual con la lectura posterior para obtener el tiempo observado de cada elemento en cada ciclo cronometrado, el resultado anotararlo en la casilla T de cada elemento, del cuadro 2.

Acción 4: Calcular el tiempo observado.

Realizar una sumatoria de los tiempos cronometrados, anotar el dato en la casilla Total T.C. del cuadro 2.

Anotar en la siguiente casilla el total observaciones realizadas por cada elemento.

Calcular el tiempo observado, realizar un promedio simple de los tiempos cronometrados.

Cuadro 2: Formulario para estudio de tiempos.

Formulario para estudio de tiempos												FRM-03				
1. Datos del Estudio												Pág. 1/1				
No. estudio:						Fecha:										
No. hoja:						Analista:										
Hora inicio:						Comprobación										
Hora fin:						de metodo:										
Operador:																
2. Toma de Tiempos																
Elementos	T	Ciclos												Total T.C.	Total Observ	Prom. T.C.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	L															
	T															
2	L															
	T															
3	L															
	T															
4	L															
	T															
5	L															
	T															
6	L															
	T															
7	L															
	T															
8	L															
	T															
9	L															
	T															
10	L															
	T															
11	L															
	T															
	L															
Factor de Calificación		%Suplementos				Tiempo Cronom										
Habilidad		Constantes		Valor	Variables	Valor	Fact. Calf.									
Esfuerzo							Tiempo Normal									
Condiciones							% Suplementos									
Consistencia							Tiempo Estándar									
Total:		Total:		Total:												
Elementos extraños			Elementos extraños			Observaciones:										
Cod.	L	T	Cod.	L	T	Descripción										
A			E													
B			F													
C			G													
D			H													

Fuente: Gómez, J. octubre 2020.

Actividad 3: Calculo del tiempo normal.

Realizar el cálculo del tiempo normal de la tarea, para lo cual utilizar el formulario se debe realizar las siguientes acciones:

Acción 1: Calculo del factor de calificación.

Realizar calificación del operador de la tarea observada, utilizar el cuadro 3.

Cuadro 3: Formulario factor de calificación.

Factor de Calificación				FRM-04	
				Pág. 1/1	
Analista:	<input style="width: 150px;" type="text"/>	Fecha:	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Número de estudio:	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Proceso:	<input style="width: 150px;" type="text"/>	Planta:	<input style="width: 50px;" type="text"/>	Operador evaluado:	<input style="width: 100px;" type="text"/>
Instrucciones: Realizar la calificación de la actuación del operador por medio del Sistema Westinghouse la cual se basa en la calificación de cuatro factores fundamentales: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.					
Destreza o habilidad		Esfuerzo o empeño			
0.15	A1	Extrema	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Extrema	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Buena	0.05	C1	Buena
0.03	C2	Buena	0.02	C2	Buena
0	D	Regular	0	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.1	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
Calificación:		Calificación:			
Condiciones		Consistencia			
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Regulares	0	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente
Calificación:		Calificación:			
<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>			
Analista		Operador evaluado			
<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>			
Jefe de planta		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>			

Fuente: Gómez, J. octubre 2020.

Anotar en el cuadro 4 los resultados de los cuatro factores evaluados en el cuadro 3.

Realizar el cálculo del factor de calificación total, sumar habilidad + esfuerzo + condiciones + consistencia +1.0.

Anotar resultado en columna Fact. Calf.

Calcular el tiempo normal; tiempo cronometrado * fact. Calf.

Cuadro 4: Sección factor de calificación.

Factor de Calificación		%Suplementos				Tiempo Cronom	
Habilidad		Constantes	Valor	Variables	Valor	Fact. Calf.	
Esfuerzo						Tiempo Normal	
Condiciones						% Suplementos	
Consistencia						Tiempo Estándar	
Total:		Total:		Total:			

Fuente: Gómez, J. octubre 2020.

Actividad 4: Cálculo de porcentaje de suplementos.

Para calcular el porcentaje de suplementos que se aplicaran para cálculo del tiempo normal realizar la siguiente acción:

Acción 1: Cálculo de suplementos y tolerancias.

Utilizar el cuadro 5 para el cálculo del porcentaje de suplementos.

Anotar los datos del encabezado.

Evaluar los factores contenidos en la tabla de la página 2 del formulario FRM-05 o cuadro 5.

Anotar los resultados en la página 1 del formulario FRM-05.

Realizar la sumatoria de los factores evaluados y anotar el resultado en la casilla **% suplementos.**

Cuadro 5: Formulario para el cálculo del porcentaje de suplementos.

Formulario para el cálculo del porcentaje de suplementos		FRM-05 Pág. 1/2
Analista:	<input type="text"/>	Fecha: <input type="text"/> Número de estudio: <input type="text"/>
Proceso:	Planta:	<input type="text"/>
Instrucciones: Realizar la calificación de los suplementos del proceso a evaluar por medio de la tabla de interrupciones y demoras proporcionada por la Oficina Internacional del Trabajo que incluye todos los factores de tolerancia aplicables a los retrasos personales y por fatiga. En la segunda hoja encontrará detallados los factores a evaluar.		
A. Tolerancias Constantes:		
1. Tolerancias personales		<input type="text"/>
2. Tolerancia básica por fatiga		<input type="text"/>
Calificación:		<input type="text"/>
B. Tolerancias variables:		
1. Tolerancia por estar de pie		<input type="text"/>
2. Tolerancia por posición no normal:		<input type="text"/>
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar,		<input type="text"/>
4. Alumbrado deficiente:		<input type="text"/>
5. Condiciones atmosféricas (calor-humedad)		<input type="text"/>
6. Atención estricta:		<input type="text"/>
7. Nivel de ruido:		<input type="text"/>
8. Esfuerzo mental:		<input type="text"/>
9. Monotonía:		<input type="text"/>
10. Tedio:		<input type="text"/>
Calificación:		<input type="text"/>
% Suplementos		<input type="text"/>
<input type="text"/> Analista	<input type="text"/> Supervisor	<input type="text"/> Jefe de planta

Fuente: Gómez, J. octubre 2020.

Actividad 5: Cálculo del tiempo estándar.

Para calcular el tiempo estándar es necesario realizar la anotación del % suplementos y multiplicarlo por el tiempo normal, el resultado será el tiempo estándar del proceso/producto estudiado.

Actividad 6: Alimentación de base de datos

Anotar los tiempos estándar de los diversos productos evaluados, utilizar el formulario FRM-06 que servirá de base de datos para los cálculos de tiempos de producción.

Resultado 3: Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado.

Actividad 1: Realización de convocatoria de capacitaciones.

Realizar convocatoria para participar en el programa de capacitaciones, incluir al personal que se encuentra involucrado en el proceso de fabricación de productos de acero figurado, dentro de los cuales se pueden incluir:

Operadores de máquina estribadora.

Auxiliares de máquina.

Supervisores de planta.

Departamento de producción.

Actividad 2: Establecimiento de metodología de capacitación.

La metodología será la siguiente: infografías como material de apoyo, charlas de magistrales y talleres virtuales para explicaciones más detalladas. Las capacitaciones se impartirán con tiempo aproximado de 2 horas y se trabajará una cada año.

Actividad 3: Identificación de temas a capacitar.

Definir los temas que se impartirán en las capacitaciones, estos deben ser de estar enfocados en aumentar el conocimiento del personal involucrado en el proceso de fabricación de productos de acero figurado, dentro los temas que deben incluir se encuentran detallados a continuación:

Control de tiempos.

Generalidades de los estudios de tiempos.

Generalidades de la estandarización de los procesos.

Beneficios de la optimización de recursos.

Anexo 2: Matriz de Estructura Lógica.

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general:	Finalizado el segundo año, la pérdida de tiempo efectivo, se habrá reducido en 75% la problemática identificada en el problema central.	Registros del control de tiempos del área de formado de acero figurado. Registros de la unidad ejecutora. Encuestas a operadores.	La unidad ejecutora, adopta el programa de Buenas Prácticas de Manufactura (B.P.M.) en el área de formado de acero figurado. Se implementa la propuesta en otras áreas con la misma deficiencia identificada en el efecto.
Disminuir pérdida de tiempo efectivo en fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.			
Objetivo específico:	El proceso estandarizado de tiempo se alcanza cuando haya transcurrido un año de la propuesta, con lo anterior se concreta el 90% de la solución planteada al objetivo específico.	Registros de la unidad ejecutora. Encuestas a operadores. Informes de tiempos comparados de fabricación de productos, mediante el programa SAP.	La unidad ejecutora logra enlaces con otros departamentos para socializar la propuesta y convenir la estandarización en toda la empresa. Se implementa la propuesta en todas las plantas productoras de la empresa.
Estandarizar tiempos de fabricación de productos, en el área de formado de acero figurado, en empresa Aceros de Guatemala, Masagua, Escuintla.			

Resultado 1:			
Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Producción de la empresa.			
Resultado 2:			
Se dispone de implementación del estudio de tiempos para optimizar el proceso de formado de acero figurado.			
Resultado 3:			
Se cuenta con el programa de capacitación al personal involucrado.			

Anexo 3: Presupuesto

Como se puede percibir en el anexo que a continuación se presenta, se enlistan los resultados y al mismo tiempo el costo unitario por cada uno de ellos, finalmente se detalla también el costo total de la propuesta para solucionar la problemática identificada en el árbol de problemas.

Resultado	Nombre	Costo	Total
1	Unidad Ejecutora	Q10,500.00	
2	Desarrollo del plan	Q375.00	
3	Capacitación	Q2,437.50	
Total de la propuesta			Q13,312.50

Anexo 4: Otros anexos.

Anexo 4.1: Lista de evaluación para comprobación de métodos.

Lista de evaluación para comprobación de métodos							FRM-02
							Pág. 1/2
Analista:	<input type="text"/>	Fecha:	<input type="text"/>	Número de estudio:	<input type="text"/>		
Proceso:	<input type="text"/>	Planta:	<input type="text"/>	Operador evaluado:	<input type="text"/>		
Instrucciones: Verificar el cumplimiento de los elementos a evaluar en el listado abajo descrito, los elementos que no se encuentren considerados dentro del listado pueden ser agregados en el ítem 11, la evaluación se pondera como conforme, no conforme o no aplica si fuera el caso.							
Item	Elementos a evaluar	C/ NC/ NA	Descubrimientos	Plan de acción			
				Qué	Quién	Cuándo	
1	El procedimiento de operación del equipo se encuentra estandarizado.						
2	El procedimiento es claro en cuanto a la descripción de la operación.						
3	El operador comprende las tareas descritas en el procedimiento de operación del equipo.						
4	El operador cuenta con la capacitación requerida para la correcta operación del equipo.						
5	Las herramientas necesarias para la operación se encuentran en buenas condiciones y						
6	Los equipos se encuentran en condiciones para la operación normal.						
7	Las condiciones ambientales se encuentran dentro de las aceptables para la operación						
8	Se dispone de las materias primas para la ejecución de la operación.						
9	Se dispone de los equipos de protección personal establecidos para la operación.						
10	Los equipos auxiliares se encuentran en buenas condiciones (grúas, basculas)						
11							

Check list para comprobación de métodos							FRM-02
Comentarios / observaciones							Pág. 2/2
Resultados de evaluación							
Descripción	Cantidad	%	Toma de decisiones				
Conforme			Aceptable +90% (Se puede proceder con el estudio de tiempos)				
No conforme			Regular de 80% a 89% (ejecutar las acciones plasmadas en el plan de acción)				
No aplica			Malo-80% (Realizar una evaluación a detalle del procedimiento, no es posible realizar el estudio de tiempos en este proceso)				
Nota							
<input type="text"/>							
Analista			<input type="text"/>	Operador evaluado		<input type="text"/>	Jefe de planta

Anexo 4.2: Formulario para estudio de tiempos.

Formulario para estudio de tiempos													FRM-03			
1.Datos del Estudio													Pág. 1/1			
No. estudio:	_____					Fecha:	_____									
No. hoja:	_____					Analista:	_____									
Hora inicio:	_____					Comprobación	_____									
Hora fin:	_____					de metodo:	_____									
Operador:	_____															
2.Toma de Tiempos																
Elementos	Ciclos												Total T.C.	Total Observ	Prom. T.C.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	T															
	L															
2	T															
	L															
3	T															
	L															
4	T															
	L															
5	T															
	L															
6	T															
	L															
7	T															
	L															
8	T															
	L															
9	T															
	L															
10	T															
	L															
11	T															
	L															
Factor de Calificación		%Suplementos										Tiempo Cronom				
Habilidad		Constantes				Valor		Variables				Valor		Fact. Calf.		
Esfuerzo														Tiempo Normal		
Condiciones														% Suplementos		
Consistencia														Tiempo Estándar		
Total:		Total:						Total:								
Elementos extraños				Elementos extraños				Observaciones:								
Cod.	L	T	Descripción	Cod.	L	T	Descripción									
A				E												
B				F												
C				G												
D				H												

Anexo 4.2: fin.

Formulario para estudio de tiempos		FRM-03
3.Datos Generales		Pág. 2/1
Unidad: _____	Área: _____	
Planta: _____	Máquina: _____	
4.Datos del Estudio		
No. estudio: _____	Fecha: _____	
Hora inicio: _____ A.M - P.M	Analista: _____	
Hora fin: _____ A.M - P.M	Comprobación de metodo: _____	
Tiempo total: _____		
Operador: _____		
5.Datos Especificos		
Producto: _____	Materia prima: _____	
Diametro: _____	Velocidades	
Bulón: _____	Arrastre: _____	
Dimensiones: _____	Plegado: _____	
Angulos: _____	Ultimo Plegado: _____	
6.Condiciones de trabajo		
Iluminacion: _____	Ruido: _____	
Temperatura _____	Ergonomía: _____	
7.Croquis		
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">Análista</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">Supervisor</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">Jefe de planta</p>

Anexo 4.3: Formulario para cálculo de factor de calificación.

Factor de Calificación		FRM-04 Pág. 1/1
Analista:	<input type="text"/>	Fecha:
Proceso:	<input type="text"/>	Número de estudio:
	<input type="text"/>	Planta:
	<input type="text"/>	Operador evaluado:
<p>Instrucciones: Realizar la calificación de la actuación del operador por medio del Sistema Westinghouse la cual se basa en la calificación de cuatro factores fundamentales: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.</p>		
Destreza o habilidad	Esfuerzo o empeño	
0.15 A1 Extrema	0.13 A1 Excesivo	
0.13 A2 Extrema	0.12 A2 Excesivo	
0.11 B1 Excelente	0.1 B1 Excelente	
0.08 B2 Excelente	0.08 B2 Excelente	
0.06 C1 Buena	0.05 C1 Bueno	
0.03 C2 Buena	0.02 C2 Bueno	
0 D Regular	0 D Regular	
-0.05 E1 Aceptable	-0.04 E1 Aceptable	
-0.1 E2 Aceptable	-0.08 E2 Aceptable	
-0.16 F1 Deficiente	-0.12 F1 Deficiente	
-0.22 F2 Deficiente	-0.17 F2 Deficiente	
Calificación:	Calificación:	
Condiciones	Consistencia	
0.06 A Ideales	0.04 A Perfecta	
0.04 B Excelentes	0.03 B Excelente	
0.02 C Buenas	0.01 C Buena	
0 D Regulares	0 D Regular	
-0.03 E Aceptables	-0.02 E Aceptable	
-0.07 F Deficientes	-0.04 F Deficiente	
Calificación:	Calificación:	
Analista	Operador evaluado	Jefe de planta

Anexo 4.4: Formulario para el cálculo de porcentaje de suplementos.

Formulario para el cálculo del porcentaje de suplementos		FRM-05 Pág. 1/2																																								
Analista:	<input style="width: 150px;" type="text"/>	Fecha: <input style="width: 50px;" type="text"/> Número de estudio: <input style="width: 100px;" type="text"/>																																								
Proceso:	<input style="width: 150px;" type="text"/>	Planta: <input style="width: 50px;" type="text"/> <input style="width: 100px;" type="text"/>																																								
Instrucciones: Realizar la calificación de los suplementos del proceso a evaluar por medio de la tabla de interrupciones y demoras proporcionada por la Oficina Internacional del Trabajo que incluye todos los factores de tolerancia aplicables a los retrasos personales y por fatiga. En la segunda hoja encontrará detallados los factores a evaluar.																																										
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">A.Tolerancias Constantes:</th> </tr> <tr> <td style="width: 80%;">1.Tolerancias personales</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>2.Tolerancia básica por fatiga</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Calificación:</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">B.Tolerancias variables:</th> </tr> <tr> <td style="width: 80%;">1.Tolerancia por estar de pie</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>2.Tolerancia por posición no normal:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar,</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.Alumbrado deficiente:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.Condiciones atmosféricas (calor-humedad)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.Atención estricta:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.Nivel de ruido:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.Esfuerzo mental:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.Monotonía:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.Tedio:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Calificación:</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; text-align: center;">% Suplementos</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> </table> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; height: 40px; margin-bottom: 5px;"></td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; height: 40px; margin-bottom: 5px;"></td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; height: 40px; margin-bottom: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Analista</td> <td style="border: none;">Supervisor</td> <td style="border: none;">Jefe de planta</td> </tr> </table>			A.Tolerancias Constantes:		1.Tolerancias personales		2.Tolerancia básica por fatiga		Calificación:		B.Tolerancias variables:		1.Tolerancia por estar de pie		2.Tolerancia por posición no normal:		3.Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar,		4.Alumbrado deficiente:		5.Condiciones atmosféricas (calor-humedad)		6.Atención estricta:		7.Nivel de ruido:		8.Esfuerzo mental:		9.Monotonía:		10.Tedio:		Calificación:		% Suplementos					Analista	Supervisor	Jefe de planta
A.Tolerancias Constantes:																																										
1.Tolerancias personales																																										
2.Tolerancia básica por fatiga																																										
Calificación:																																										
B.Tolerancias variables:																																										
1.Tolerancia por estar de pie																																										
2.Tolerancia por posición no normal:																																										
3.Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar,																																										
4.Alumbrado deficiente:																																										
5.Condiciones atmosféricas (calor-humedad)																																										
6.Atención estricta:																																										
7.Nivel de ruido:																																										
8.Esfuerzo mental:																																										
9.Monotonía:																																										
10.Tedio:																																										
Calificación:																																										
% Suplementos																																										
Analista	Supervisor	Jefe de planta																																								

Anexo 4.4: Fin.

Formulario para el cálculo del porcentaje de suplementos		FRM-05
		Pág. 2/2
A. Tolerancias Constantes:		
1. Tolerancias personales	5	
2. Tolerancia básica por fatiga	4	
B. Tolerancias variables:		
1. Tolerancia por estar de pie		
	2	
2. Tolerancia por posición no normal:		
a. Ligeramente molesta	0	
b. Molesta	2	
c. Muv molesta	7	
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (levantar, empujar, tirar):		
Peso levantado (kilogramos y libras respectivamente)		
2.5; 5	0	
5; 10	1	
7.5; 15	2	
10; 20	3	
12.5; 25	4	
15; 30	5	
17.5; 35	7	
20; 40	9	
22.5; 45	11	
25; 50	50	
30; 60	17	
35; 70	22	
4. Alumbado deficiente:		
a. Ligeramente inferior a lo recomendado	0	
b. Muy inferior	2	
c. Sumamente inadecuado	5	
5. Condiciones atmosféricas (calor-humedad)		
	0-10	
6. Atención estricta:		
a. Trabajo moderadamente fino	0	
b. Trabajo fino o de gran cuidado	2	
c. Trabajo muy fino o muy exacto	5	
7. Nivel de ruido:		
a. Continuo	0	
b. Intermitente-fuerte	2	
c. Intermitente-muy fuerte	5	
d. De alto volumen-fuerte	5	
8. Esfuerzo mental:		
a. Proceso moderadamente complicado	1	
b. Proceso complicado que quiere amplia atención	4	
c. Muv complicado	8	
9. Monotonía:		
a. Escasas	0	
b. Moderada	1	
c. Excesiva	4	
10. Tedio:		
a. Algo tedioso	0	
b. Tedioso	2	
c. Muv tedioso	5	

