

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de**  
**la Producción**

“Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una  
planta procesadora de alambres de acero”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Vicente Salomón Sánchez Guailupo

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2002

# AGRADECIMIENTO

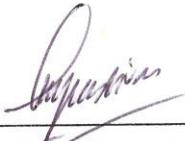
A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo, en especial a la Empresa donde se hizo el estudio, que accedió y cooperó en el desarrollo del mismo.

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Ing. Jorge Duque R.  
MIEMBRO DEL CONCEJO  
DIRECTIVO DE LA FIMCP



---

Arq. Rosa Edith Rada A.  
DIRECTOR DE TESIS



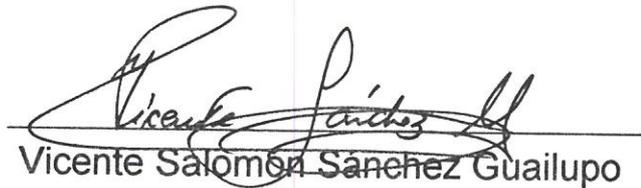
---

Ing. Horacio Villacís M.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Vicente Salomón Sánchez Guailupo

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto realizar un estudio para el mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta industrial dedicada al procesamiento de alambres de acero que está ubicada en la ciudad de Guayaquil y pertenece a una empresa que viene funcionando desde 1940 y ha crecido paulatinamente hasta convertirse en la primera en su género, debido a la alta aceptación de sus productos en el mercado así como por su alta calidad y gran utilidad en diferentes áreas.

La línea de producción de clavos negros presenta problemas, como niveles elevados de desperdicio, índices bajos de productividad con respecto a los índices de diseño, condiciones de trabajo no adecuadas para el buen desenvolvimiento del trabajador, paros constantes de máquinas lo que causa niveles bajos de eficiencia, problemas con el departamento de compras, entre otras causas que fueron revisadas durante este estudio.

Debido a la complejidad de los procesos y al elevado número de estos, se realizó un análisis que permitió justificar la selección de la línea de clavos negros del resto de las líneas de producción.

Se efectuó un diagnóstico y análisis de la situación actual de las líneas de producción describiendo sus procesos y áreas físicas, además de hacer uso

de diagramas de flujo y de operaciones conjuntamente con estudios de tiempos, análisis de operaciones y del recurso humano.

Se abarcó también el manipuleo y almacenamiento de materiales, así como las demás áreas de la planta que interactúan con la línea de producción para finalizar con un análisis de las Fortalezas y Debilidades, el cual ayudó a identificar los factores críticos, para posteriormente plantear las alternativas de mejora.

Finalmente se realizó un análisis costo – beneficio para justificar la viabilidad financiera de las alternativas de mejora, además del presupuesto para su implantación y puesta en marcha.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ABREVIATURAS.....	xii
SIMBOLOGÍA.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE PLANOS.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Descripción General de la Empresa.....	4
1.1.1 Descripción General de la Planta.....	12
II. ALCANCE DE ESTUDIO.....	21
2.1 Selección y Justificación de la línea de producción objeto de estudio.....	22
2.1.1 Análisis de la Producción de la planta en el año 2000.....	26

2.1.2	Análisis de los niveles de Eficiencia de las líneas de producción en el año 2000.....	32
2.1.3	Análisis de los Niveles de Desperdicio por líneas de producción en el año 2000.....	36
2.1.4	Estimación del Costo del desperdicio por líneas de producción en el año 2000.....	43
2.1.5	Evaluación del Costo de producción en las diferentes líneas productivas durante el año 2000.....	48
2.1.6	Evaluación de la Utilidad Neta de las diferentes líneas productivas durante el año 2000.....	54
2.2	Definición de los Problemas de la línea de producción de clavos negros .....	68
2.2.1	Análisis de los costos de los problemas (síntomas) de la línea de producción de clavos negros.....	78
III.	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LOS PAROS DE MÁQUINAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS.....	91
3.1	Planteamiento de hipótesis referentes a los paros de máquinas de la línea de producción.....	92
3.2	Definición y descripción del Producto.....	106

3.3	Descripción del proceso de la línea de producción.....	110
3.3.1	Descripción del área de Trefilación.....	113
3.3.2	Descripción del área de Clavería.....	126
3.3.3	Descripción del área de Pulición y Embalaje.....	140
3.4	Descripción física de la línea de producción.....	154
3.5	Análisis de las condiciones de trabajo de la línea de producción... .....	159
3.6	Estudio de Tiempos de la línea de producción.....	180
3.7	Relaciones funcionales de la línea de producción de clavos negros con las demás áreas de la planta.....	227
3.8	Descripción y análisis del flujo de información entre los departamentos participantes del proceso de planificación.....	235
3.9	Comprobación de las hipótesis planteadas sobre los paros de máquinas de la línea de producción.....	238
3.10	Análisis de las Fortalezas y Debilidades de la línea de producción de clavos negros referentes a los paros de máquinas.....	258
IV.	MEJORAMIENTO DEL PROCESO.....	273
4.1	Mejoramiento de los Procesos de la línea de producción.....	274
4.2	Mejoramiento de las relaciones funcionales del departamento de mantenimiento con la línea de producción.....	286
4.3	Mejoramiento de estándares de productividad de la línea de producción.....	292

4.4	Mejoramiento del flujo de materiales de la línea de producción.....	306
4.5	Planteamiento de los puntos de Control del Proceso de producción.....	309
4.6	Mejoramiento de las áreas de trabajo de la línea de producción.....	316
4.7	Mejoramiento de los aspectos sobre recursos humanos de la línea de producción.....	324
4.8	Planteamiento de mejoras del flujo de información entre los departamentos participantes en el proceso de planificación....	328
V.	DISEÑO DEL PLAN DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS.....	329
5.1	Determinación de actividades para la implantación de mejoras.....	330
5.2	Análisis Costo - Beneficio de las mejoras planteadas.....	345
5.3	Presupuesto para la implantación de mejoras.....	365
5.4	Cronograma para la implantación de mejoras.....	368
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	370

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

Al	Alambre
cm	Centímetros
Cl	Clavo
dba	Decibeles
Dep	Departamento
Electrol	Electrolítico
Galv	Galvanizado
°c	Grados centígrados
h	Horas
kg	Kilogramos
Mll	Malla
Máq	Máquina
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
mg	Miligramos
mm	Milímetros
seg	Segundos
Ton	Toneladas
w	Vatios

## SIMBOLOGÍA

\$	Dólares americanos
$\phi$	Diámetro
'	Minutos
"	Segundos
$\Sigma$	Sumatoria

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Producción anual de las plantas de Quito y Guayaquil en toneladas.....	5
Figura 1.2	Lugares en el país donde la empresa tiene plantas de producción industrial.....	6
Figura 1.3	Ubicación de las oficinas de ventas .....	7
Figura 1.4	Lugares geográficos en Sudamérica en donde la empresa ha exportado sus productos.....	8
Figura 1.5	Etiqueta de una marca de alambre de púas fabricado por la empresa.....	9
Figura 1.6	Malla campera usada para cercar lugares destinados a animales de corral.....	10
Figura 1.7	Malla cuadrada usada para cerramientos.....	10
Figura 1.8	Clavos negros normales.....	11
Figura 1.9	Tubos fuji acerados fabricados para diferentes utilidades.....	12
Figura 1.10	Ubicación de la planta en donde se va a realizar el estudio....	13
Figura 1.11	Crecimiento anual sostenido de la producción de la planta durante los tres últimos años.....	20
Figura 2.1	Niveles de producción, expresada en % respecto del total de las líneas de producción en el 2000.....	29
Figura 2.2	Eficiencias de las líneas de producción en el año 2000.....	34
Figura 2.3	Porcentaje de desperdicio, con respecto a la producción de las líneas en los años 1999 y 2000.....	39
Figura 2.4	Costo del desperdicio, expresado en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000.....	46
Figura 2.5	Costos estándares por kilo, expresados en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000.....	51
Figura 2.6	Utilidad por kilo, expresada en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000.....	58
Figura 2.7	Resultado de la función de valor de sumas ponderadas.....	67
Figura 2.8	Estimación de los costos de los síntomas de la línea de producción expresados en porcentajes.....	90
Figura 3.1	Clavo de cabeza plana.....	106
Figura 3.2	Dimensiones de las cajas de embalaje de clavos.....	108
Figura 3.3	Procesos de la línea de clavos negros.....	112

	Pág.
Figura 3.4	Esquema de una hilera de trefilación.....114
Figura 3.5	Foto de alambón usado como materia prima en el proceso de fabricación de clavos negros.....115
Figura 3.6	Esquema de una bobina en donde se enrolla el alambre.....117
Figura 3.7	Diagrama de operaciones del proceso de trefilado.....121
Figura 3.8	Esquema de un devanador estático con el spider usado en clavería.....128
Figura 3.9	Esquema de artesa y maquina clavera .....131
Figura 3.10	Diagrama de operaciones del proceso de formado del clavo.....134
Figura 3.11	Foto de una maquina clavera .....135
Figura 3.12	Diagrama de operaciones del proceso de pulición y embalaje .....145
Figura 3.13	Esquema de un bombo pulidor con su motor.....147
Figura 3.14	Paletizado de cajas de clavos.....150
Figura 3.15	Balanceo de la línea de producción de clavos negros.....153
Figura 3.16	Descripción física del área de trefilado (máquinas m-1 y m-10).....155
Figura 3.17	Descripción física del área de trefilado (máquinas k-5 y k-6) .....156
Figura 3.18	Descripción física del área de formado de clavos.....157
Figura 3.19	Descripción física del área de pulición y embalaje.....158
Figura 3.20	Descripción del flujo de información del proceso de planificación de la línea de clavos negros.....237

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Número de personas que laboran en la planta.....	16
Tabla II	Detalle del numero de personas que existen por funciones en la planta.....	17
Tabla III	Niveles de producción del año 2000 por línea de producción.....	30
Tabla IV	Índices de eficiencias de líneas de producción, año 2000.....	35
Tabla V	Niveles de desperdicio y variación en porcentaje de los años 1999 y 2000.....	40
Tabla VI	Costos del desperdicio por línea expresado en porcentaje.....	47
Tabla VII	Costos estándares por kilo de las líneas de producción, año 2000.....	52
Tabla VIII	Utilidades por kilo antes de impuestos de las líneas de producción, año 2000.....	59
Tabla IX	Criterios de selección con los pesos $w_j$ .....	62
Tabla X	Valores “fij” para la línea de clavos negros.....	63
Tabla XI	Valores fij de la función de valor de sumas ponderadas.....	64
Tabla XII	Función de valor $v_i$ de las líneas de producción.....	65
Tabla XIII	Problemas en el proceso de trefilación de la línea de clavos negros.....	69
Tabla XIV	Problemas en el proceso de formado del clavo de la línea de clavos negros.....	73
Tabla XV	Problemas en el proceso de pulición y embalaje de la línea de clavos negros.....	76
Tabla XVI	Componentes usados para estimar el costo de cada síntoma de la línea de producción de clavos negros.....	79
Tabla XVII	Valores aplicados en el cálculo del costo de los síntomas del proceso de trefilado.....	83
Tabla XVIII	Valores aplicados en el cálculo del costo de los síntomas del proceso de formado de clavo.....	84
Tabla XIX	Valores aplicados en el cálculo del costo de los síntomas del proceso de pulición y embalaje.....	86

	Pág.
Tabla XX	Costos de los síntomas de la línea de producción de clavos negros (año 2000), expresados en porcentaje respecto al total.....86
Tabla XXI	Planteamiento de las hipótesis para los síntomas de paros de máquinas del proceso de trefilado.....93
Tabla XXII	Planteamiento de las hipótesis para los síntomas de paros de máquinas del proceso de formado de clavo.....99
Tabla XXIII	Planteamiento de las hipótesis para los síntomas de paros de máquinas del proceso de pulición y embalaje.....103
Tabla XXIV	Producción por tipo de clavo del año 2000.....109
Tabla XXV	Diámetros producidos y capacidades de producción de las máquinas trefiladoras.....123
Tabla XXVI	Equipos para el manipuleo de materiales del área de trefilado.....125
Tabla XXVII	Descripción del personal con conocimiento en el manejo de las máquinas trefiladoras.....126
Tabla XXVIII	Elementos principales que actúan en el proceso de formado del clavo.....130
Tabla XXIX	Nomenclatura, capacidad de las máquinas claveras y el tipo de clavo asignado para producir.....136
Tabla XXX	Disponibilidad de operadores de clavería según el grupo a que pertenecen y la forma en que rotan.....139
Tabla XXXI	Equipos instalados en el área de pulición y embalaje.....148
Tabla XXXII	Metros cuadrados de las diferentes áreas de la línea de producción de clavos negros.....159
Tabla XXXIII	Efectos de la temperatura del ambiente sobre el rendimiento de los trabajadores.....161
Tabla XXXIV	Intensidad del sonido de las diferentes áreas de la línea de producción de clavos negros.....168
Tabla XXXV	Tiempos estándares de los procesos de la línea estudiados.....226
Tabla XXXVI	Relaciones funcionales de la línea de producción con el resto de áreas de la planta.....228
Tabla XXXVII	Análisis de las horas de paro de máquinas con sus causas más comunes.....233

	Pág.
Tabla XXXVIII	Causas y planteamiento de soluciones de las debilidades de la línea de producción de clavos negros.....275
Tabla XXXIX	Mejoras en los tiempos de las actividades de cambio de serie de hileras en el proceso de trefilado.....298
Tabla XL	Tiempo actual y mejorado de las operaciones de cambio de mordazas de las máquinas claveras.....300
Tabla XLI	Tiempo actual y mejorado de las operaciones de cambio de cuchillas de las máquinas claveras.....303
Tabla XLII	AMFE del proceso de trefilado.....312
Tabla XLIII	AMFE del proceso de formado de clavo.....314
Tabla XLIV	AMFE del proceso de pulición y embalaje.....317
Tabla XLV	Ordenamiento propuesto de las máquinas claveras con sus respectivas velocidades y capacidades.....319
Tabla XLVI	Costos y beneficios de la estandarización de los procedimientos de la línea de producción.....346
Tabla XLVII	Costos y beneficios de la capacitación a los operadores de la línea sobre uso de micrómetro y herramientas.....347
Tabla XLVIII	Costos y beneficios del análisis de los repuestos en la bodega de mantenimiento.....347
Tabla XLIX	Costos y beneficios de la capacitación a los jefes.....348
Tabla L	Costos y beneficios del uso de equipos de protección.....349
Tabla LI	Costos y beneficios de la revisión de prioridades en los plazos de entregas de pedidos.....350
Tabla LII	Costos y beneficios de la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo.....351
Tabla LIII	Costos y beneficios del control en línea del proceso de trefilado.....351
Tabla LIV	Costos y beneficios del mantenimiento a las soldadoras de tope de las máquinas trefiladoras.....352
Tabla LV	Costos y beneficios de la construcción e instalación de cañonera nueva para máquina m-10.....353
Tabla LVI	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de serie de hileras en máquina m-1.....354

	Pág.
Tabla LVII	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de series de hileras en máquina m-10.....354
Tabla LVIII	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de serie de hileras en máquina k-5.....355
Tabla LIX	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de serie de hileras de máquina k-6.....356
Tabla LX	Costos y beneficios del sistema de control en línea del proceso de formado de clavo.....357
Tabla LXI	Costos y beneficios del entrenamiento a los operadores de formado de clavo.....357
Tabla LXII	Costos y beneficios de la reubicación de las 24 máquinas formadoras de clavos.....358
Tabla LXIII	Costos y beneficios de la revisión del sistema de cañerías de lubricación de las máquinas claveras.....359
Tabla LXIV	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de cuchillas en las máquinas formadoras de clavos.....359
Tabla LXV	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de cambio de mordazas de las máquinas formadoras de clavos.....360
Tabla LXVI	Costos y beneficios del sistema de control en línea para el proceso de pulición y embalaje.....361
Tabla LXVII	Costos y beneficios de tener una banda transportadora.....361
Tabla LXVIII	Costos y beneficios de la reparación del bombo #4.....362
Tabla LXIX	Costos y beneficios de pulir primeramente los tipos de clavos con mayor cantidad de artesas llenas.....362
Tabla LXX	Costos y beneficios de la reparación e instalación de luminarias en el área de pulición y embalaje.....363
Tabla LXXI	Costos y beneficios de la reducción del tiempo de carga y descarga de los bombos pulidores.....364
Tabla LXXII	Total de costos y beneficios obtenidos de implantar las mejoras recomendadas después de un año.....365
Tabla LXXIII	Presupuesto necesario para implantar las mejoras planteadas.....366

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Plano General de la Planta (Actual)
Plano 2	Máquinas K-5 y K-6
Plano 3	Máquinas M-1 y M-10
Plano 4	Área de Formado de Clavo
Plano 5	Área de Pulición y Embalaje
Plano 6	Área de Formado de Clavo (Modificada)
Plano 7	Plano General de la Planta (Modificada)

## INTRODUCCIÓN

Hasta finales del siglo XX la mayoría de la producción era de tipo artesanal, buscaban la individualización de sus productos, plasmando sus criterios en sus obras. Pero como consecuencia de la revolución industrial, esta forma de ver y realizar el trabajo cambió radicalmente con la introducción de maquinarias en los procesos, consiguiendo la uniformidad de los productos. La tecnología avanzó y todavía lo sigue haciendo a trechos muy grandes lo cual nos obliga periódicamente a analizar la situación actual de nuestras empresas.

El presente trabajo busca identificar, analizar y proponer mejoras para resolver problemas como baja productividad, altos niveles de desperdicio, paros constantes de máquinas, movimientos improductivos, falencias en la comunicación interdepartamental, problemas con el aprovechamiento de los recursos, etc., que tiene una línea de producción de clavos negros, perteneciente a una planta industrial dedicada al procesamiento de este tipo de productos y que se encuentra ubicada en el sector noroeste de la ciudad de Guayaquil.

Para esto se utilizarán herramientas de Ingeniería de Métodos como diagramas de proceso, estudio de tiempos, análisis de operaciones, manipuleo y almacenamiento de materiales, análisis del recurso humano,

además de análisis de síntomas y causas, identificación de fortalezas y debilidades, etc., siempre enmarcados en la viabilidad financiera de cada mejora. La selección y planteamiento de las soluciones factibles sentarán un precedente para continuar con la realización de estudios de este tipo en el resto de líneas de producción de la planta, a la vez que podrán servir como referencia para trabajos similares en otras industrias.

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES

Para el análisis y planteamiento de mejoras en la línea de producción primero debemos conocer la naturaleza y características principales de la empresa a la cual pertenece, ya que de esa manera nos familiarizaremos con la cultura organizacional que predomina en ese ambiente, además de obtener una visión más amplia y detallada de todos los aspectos que pudieran influir en el desarrollo de la planta, y por ende, en la línea de producción misma. En esta sección, primeramente se presentarán los aspectos generales de la empresa involucrada en el estudio, partiendo desde sus inicios en el país, hasta llegar a describir lo que es hoy y lo que tiene proyectado ser en el futuro, para después continuar con una descripción de la planta que permite tener una idea más específica de los lugares donde se desarrolla la producción.

### **1.1. Descripción General de la Empresa mencionada en el estudio**

La Empresa está vinculada al procesamiento, comercialización y distribución de productos de alambre de acero, los cuales van dirigidos básicamente hacia tres sectores, construcción, diseño e ingeniería y agricultura.

Tuvo sus orígenes en el año de 1940, cuando huyendo de la segunda guerra mundial, llegó al Ecuador una familia de emigrantes belgas. Esta familia trajo consigo muchas esperanzas e ideas de formar una nueva vida aquí en el país, para ello, tenían una máquina que elaboraba telas metálicas, con esta máquina se radicaron en la ciudad de Ambato, poniendo inicio así a la actividad industrial y productiva de dicha familia. Posteriormente se trasladaron hacia la zona actualmente central de la ciudad de Quito adquiriendo nuevas maquinarias con lo cual se introdujo en el mercado productos por primera vez fabricados en el país.

La joven industria dio sus primeros pasos aplicando desde sus inicios una política empresarial que se mantiene hasta hoy, la elaboración de productos de alta calidad, su venta a precios con

razonable rentabilidad y la constante reinversión de sus utilidades, por esto, los principales directivos de la empresa decidieron instalar en la zona industrial de la ciudad de Quito una planta de mayores dimensiones y capacidad, la cual se constituyó en el centro de las actividades operacionales y administrativas, comenzando por primera vez en el país con la elaboración de alambres galvanizados los cuales servían principalmente como materia prima para otras industrias.



**FIGURA 1.1** PRODUCCIÓN ANUAL DE LAS PLANTAS DE QUITO Y GUAYAQUIL EN TONELADAS

Debido al deseo de poder satisfacer con mayor amplitud la demanda nacional, la cual aumentaba constantemente, se decide montar una planta en la ciudad de Guayaquil, la cual viene funcionando desde 1991 con lo cual se logró aumentar la capacidad de producción y la rápida atención a los pedidos de los clientes. De esa manera la planta de Quito logró producir en

el año 2000 aproximadamente 45.000 Ton, en cambio que la planta ubicada en Guayaquil alcanzó las 15.000 Ton en el mismo año, ver figura 1.1, sumando la producción de ambas tenemos aproximadamente 60.000 toneladas de producto final al año.

De esta manera, se consolida la empresa como una de las más sólidas del país creando fuentes de trabajo para más familias ecuatorianas por medio de sus dos plantas industriales, figura 1.2, las cuales cuentan con el apoyo tecnológico de la multinacional más importante en el procesamiento de alambres de acero, el Grupo BEKAERT, la cual posee el 49% de las acciones de esta empresa al mismo tiempo que tiene inversiones en varios países de Sudamérica y del resto del mundo.



**FIGURA 1.2** LUGARES EN EL PAÍS DONDE LA EMPRESA TIENE PLANTAS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

El servicio al cliente ha sido siempre una preocupación de la empresa, razón por la cual existen tres principales oficinas de ventas en el país; la principal ubicada en la zona central de la ciudad de Quito, en las primeras instalaciones de la planta, la segunda localizada en la ciudad de Guayaquil y la tercera ubicada en la ciudad de Cuenca, con lo cual, se tiene presencia en las tres ciudades más importantes del país. Figura 1.3.

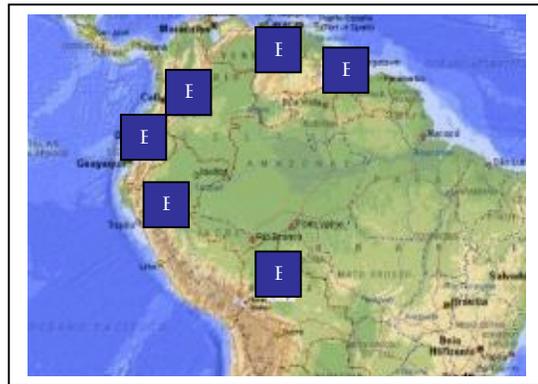


**FIGURA 1.3 UBICACIÓN DE LAS OFICINAS DE VENTAS**

Adicionalmente la renovación constante de las estrategias de mercadeo ha impulsado la asociación con terceros para formar puntos de distribución alrededor de todo el país, los cuales son encargados de vender al consumidor final los productos que se podrían denominar de consumo masivo por su mayor rotación de inventario, como los productos de ferretería y agricultura, dejando la exclusividad de los productos de ingeniería o especiales para

las oficinas principales de ventas.

Como parte del desarrollo, la empresa planifica su crecimiento a corto, mediano y largo plazo, consecuencia de esto se observa el incremento en sus líneas de producción con lo que se logra una alta tecnificación de la mano de obra ecuatoriana y una eficiente sustitución de productos que antes se importaban.



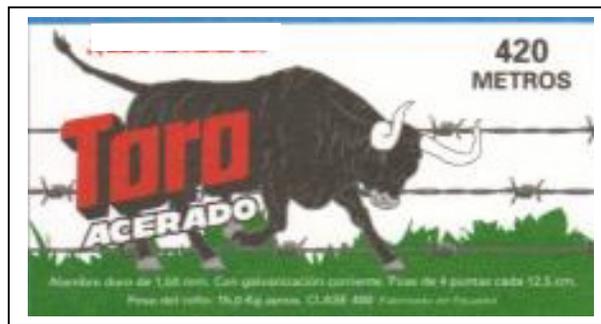
**FIGURA 1.4** LUGARES GEOGRÁFICOS EN SUDAMÉRICA EN DONDE LA EMPRESA HA EXPORTADO SUS PRODUCTOS

La creciente demanda de exportaciones es otra fortaleza de esta empresa, la cual ha enviado desde 1986, productos a gran parte de Centroamérica, Sudamérica, Norteamérica y en menor medida al difícil mercado de Europa. En la figura 1.4 podemos ver los lugares geográficos de Sudamérica donde la empresa exporta sus productos. Teniendo que en promedio el 25% y el

15% de la producción de las plantas de Quito y Guayaquil respectivamente corresponden a exportaciones.

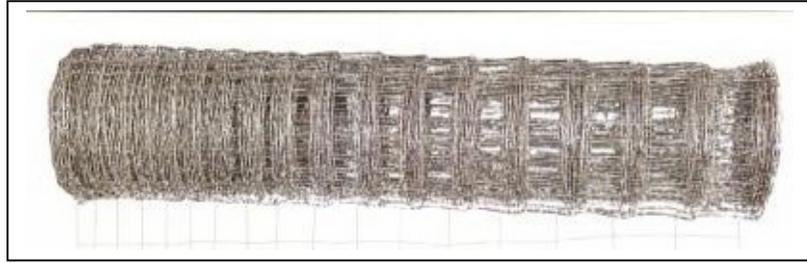
En el ámbito de empresa, se ofrecen una amplia gama de productos al mercado, los cuales se los puede agrupar en las siguientes familias:

- Alambres: trefilados, recocidos, galvanizados, de uso industrial, de alto carbono
- Alambres de púas (Figura 1.5)



**FIGURA 1.5** ETIQUETA DE UNA MARCA DE ALAMBRE DE PÚAS FABRICADO POR LA EMPRESA

- Alambres enderezados y cortados
- Malla campera (Figura 1.6)
- Malla Hexagonal
- Mallas soldadas livianas



**FIGURA 1.6** MALLA CAMPERA USADA PARA CERCAR LUGARES DESTINADOS A ANIMALES DE CORRAL

- Malla tejida
- Malla cuadrada, para cerramiento (Figura 1.7)



**FIGURA 1.7** MALLA CUADRADA USADA PARA CERRAMIENTOS

- Armex (malla electrosoldada para refuerzo en el hormigón)
- Gaviones
- Metales expandidos: nervometal, malla de tumbado
- Zarandas

- Clavos (Figura 1.8)



**FIGURA 1.8** CLAVOS NEGROS NORMALES

- Grampas
- Tela de Aluminio
- Armadores
- Productos de alambres plastificados
- Tuberías FUJI (Figura 1.9)

En el ámbito nacional existen otras empresas dedicadas a la fabricación de productos de alambre, entre esta podemos mencionar Andec, Adelca, entre otras. De igual manera se da en el campo internacional, en donde existen empresas dedicadas al mismo ámbito.



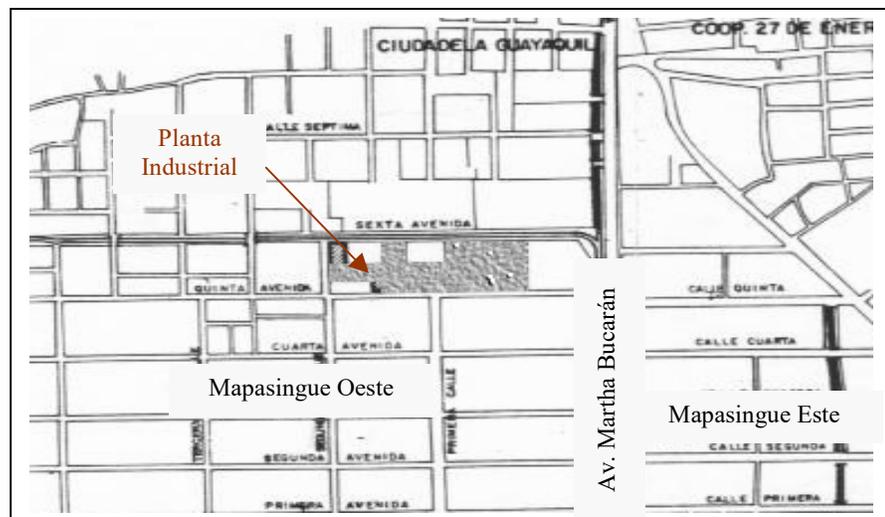
**FIGURA 1.9.** TUBOS FUJI ACERADOS FABRICADOS PARA DIFERENTES UTILIDADES

Por todo esto, esta empresa se constituye en un fiel reflejo de la potencialidad de la industria ecuatoriana cuando los empresarios demuestran fe y perseverancia en el desarrollo socio-económico del país.

### 1.1.1 Descripción General de la Planta

La apertura de nuevos mercados tanto en lo nacional como en lo internacional, hace que los ejecutivos de la empresa decidan montar una nueva planta en la ciudad de Guayaquil, para reducir costos en lo relacionado al transporte de la materia prima y productos terminados.

La planta en Guayaquil se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 5 ½ de la vía a Daule, figura 1.10 la cual fue reconstruida y sus equipos modernizados, además de darse la absorción de otras empresas que se dedicaban a la misma actividad de las cuales se obtuvieron también máquinas y personal capacitado.



**FIGURA 1.10** UBICACIÓN DE LA PLANTA EN DONDE SE VA A REALIZAR EL ESTUDIO

Inició sus actividades productivas a finales de 1991 ocupando unan extensión de terreno de aproximadamente 19,023 m<sup>2</sup>. Ver plano 1.

En la planta se tienen diferentes áreas de producción, las cuales son:

- Área de Trefilado A
- Área de Trefilado B
- Área de Trefilado C
- Área de Galvanizado
- Área de Púas
- Área de Recocido
- Área de Gaviones
- Área de Clavería
- Área de Pulición y embalaje
- Área de Clavo Helicoidal
- Área de Malla Electrosoldada (Armex)
- Área de Enderezado de Varilla
- Área de Malla Cuadrada
- Área de Galvanizado Electrolítico

Además se tienen otras áreas en la planta de apoyo logístico a las actividades productivas además de las áreas administrativas, estas son:

- Área de Bodega de Producto Terminado
- Área de Bodega de Alambre Galvanizado
- Área de Bodega de Insumos

- Área de Embarque y Desembarque
- Área de Mantenimiento
- Área de Oficinas

La planta de la ciudad de Guayaquil está ubicada en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme con el código No. 3819, este código resulta de las siguientes consideraciones:

- 3 - Para las industrias manufactureras
- 8 - Fabricación de productos metálicos exceptuando maquinarias y equipos
- 1 - Artículos general de ferretería
- 9 - Fabricación de productos metálicos estructurales exceptuando maquinarias y equipos

La producción de esta planta está dedicada a cubrir todo el mercado de la costa, con la disponibilidad de atender parte del mercado internacional cuando se requiere. La mayoría de los clientes son captados por los ejecutivos de ventas, los cuales recorren todo el país, creando un servicio mas personalizado y eficiente.

La planta cuenta de manera fija, con personal de operadores, personal administrativo, de mantenimiento, de bodega y de apoyo médico. Las cantidades se las puede observar en la siguiente tabla.

TABLA I  
NUMERO DE PERSONAS QUE LABORAN EN LA PLANTA

Área	Número de personas
Producción	83
Mantenimiento	17
Bodega	6
Administración	13
Dep. Médico	2

En la actualidad, no se cuenta con un organigrama actualizado que represente como está definida la estructura organizacional de la planta aunque si existen cargos o puestos definidos. Se cuenta con un Gerente de Planta, el cual es el representante de la misma en las reuniones principales con el Gerente General, además de fungir todas las actividades relacionadas con su cargo; se tienen cuatro Jefes, el de Producción, Mantenimiento,

Bodega y Administrativo Contable. Existe un Jefe de Turno, un encargado de la Gestión de Calidad, una Asistente de Producción, Asistente de Contabilidad, las cantidades totales de personal se pueden observar en la tabla II.

TABLA II  
DETALLE DEL NUMERO DE PERSONAS QUE EXISTEN POR  
FUNCIONES EN LA PLANTA

Cargo	Número de Personas
Gerente de Planta	1
Jefaturas	4
Jefe de Turno	1
Asistentes	2
Gestión de Calidad	1
Enfermera	1
Bodegueros de Repuestos	2
Mecánicos	9
Eléctricos	2
Torneros	2
Comprador	1
Enfermera	1

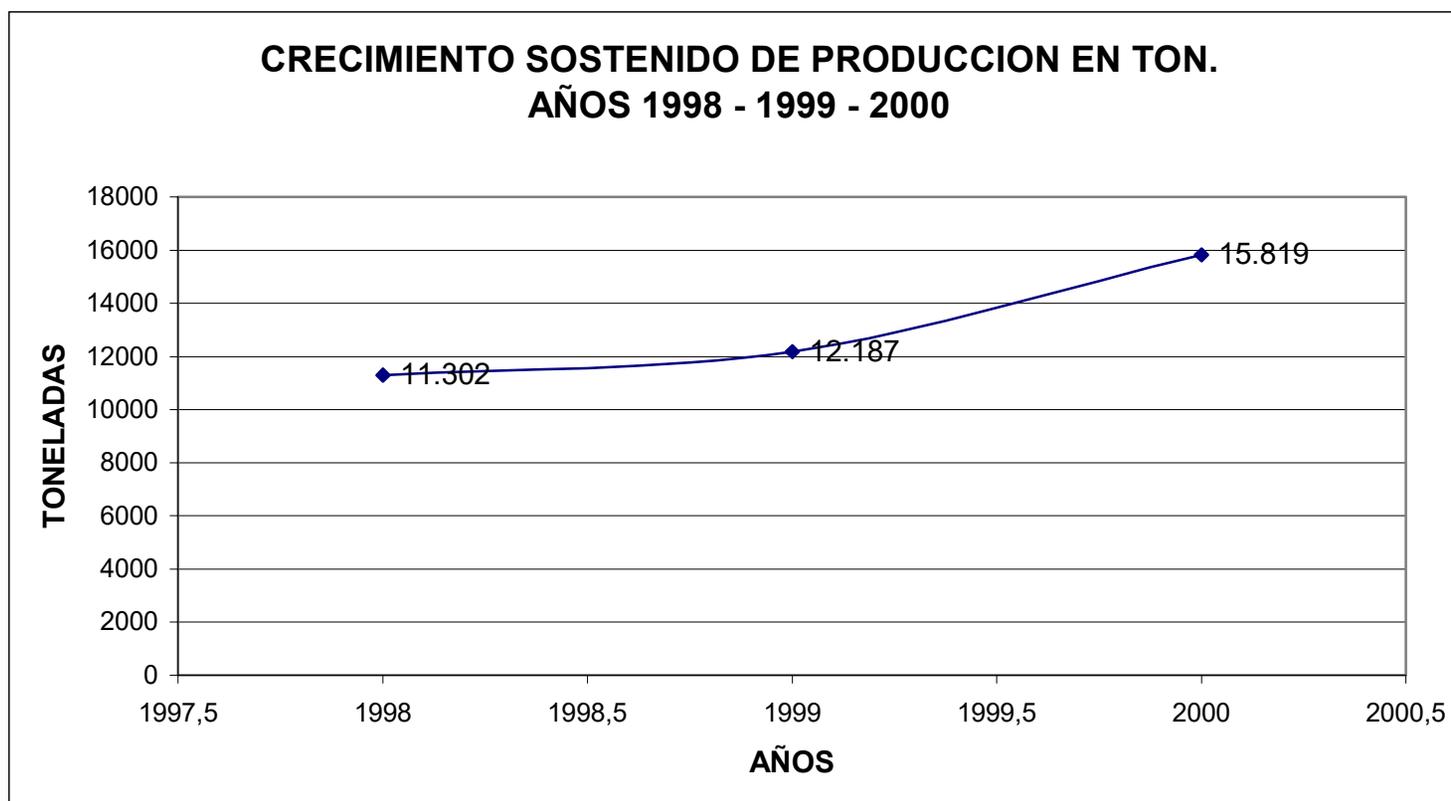
Cargo	Número de Personas
Bodegueros	2
Montacargistas	4
Mensajero	1
Recepcionista	1
Operadores de Planta	83

El aumento de la cantidad de personal de operadores depende de las necesidades que se presenten en producción, además la gran mayoría de los operadores están entrenados para desempeñarse en más de una área de producción, pudiéndolos asignarlos en labores de mayor necesidad. Cuando el comité de planificación envía pedidos urgentes, los ajustes o cambios de programas los hace el Gerente de cada Planta, conjuntamente con el Jefe de Producción.

En la actualidad cerca del 15% de la producción de la planta de Guayaquil va dirigida a exportaciones a diferentes partes del mundo, como EEUU, Panamá, Colombia, Venezuela, etc. Entre los productos que se exportan podemos mencionar: clavos negros, gaviones,

malla cuadrada, clavos para techo, clavos galvanizados, púas, etc.

Con respecto a la capacidad de producción, la planta en el año 2000 produjo 15,819.41 toneladas en comparación con las 12,000 toneladas del año 1999 o las 11,000 de 1998, como se puede observar en la figura 1.11, lo cual representa un crecimiento anual sostenido producto de la constante reinversión de las utilidades y la tecnificación de sus equipos.



**Figura 1.11** Crecimiento anual sostenido de la producción de la planta durante los tres últimos años

# CAPÍTULO 2

## 2. ALCANCE DEL ESTUDIO

En la gran mayoría de empresas los márgenes de utilidad con respecto al precio de venta y los costos totales, no son los mismos para todos los productos que se fabrican sino que varían dependiendo de varios factores como políticas de la empresa, estrategias de mercadeo, variación de precios de insumos o materias primas, productividad, etc., dando por resultado que algunos productos generen más ingresos y por ende se conviertan, desde el punto de vista financiero, en los vitales para la empresa. En este capítulo se realizará un análisis para identificar la línea de producción que elabora el producto más importantes para la planta, considerando varios puntos de vista, demanda en el mercado, eficiencias, niveles de desperdicio, costos y utilidades, y así delimitar el alcance del estudio. Al final se describirán los problemas que posee la línea de producción seleccionada, objeto de este estudio, los cuales serán analizados en capítulos siguientes.

## **2.1. Selección y Justificación de la línea de producción objeto del estudio**

Como se mencionó en el capítulo anterior, la planta situada en la ciudad de Guayaquil manufactura una variedad de productos y por consiguiente posee algunas líneas de producción de diferente naturaleza, las cuales son:

- Línea de Producción de Clavos Negros<sup>1</sup>
- Línea de Producción de Alambres de Púas
- Línea de Producción de Gaviones
- Línea de Producción de Malla Cuadrada
- Línea de Producción de Clavo Helicoidal
- Línea de Producción de Clavo de Techo y Clavo Galvanizados
- Línea de Producción de Alambre Recocido
- Línea de Producción de Grapas
- Línea de Producción de Malla Electrosoldada (Armex)
- Línea de Producción de Varillas

El objetivo de la tesis es el de plantear soluciones para la mejora de una línea de producción, esto es básicamente, subir niveles de

---

<sup>1</sup> Se usará la denominación Clavos Negros con el fin de diferenciar al producto de otros como Clavos Galvanizados o Clavos Templados.

productividad y bajar niveles de desperdicio; se escogerá la línea que tenga el mayor impacto sobre la empresa desde el punto de vista económico y estratégico. Con el afán de alcanzar este fin, se deben seleccionar criterios que nos sirvan de apoyo para tomar la decisión final, los mismos que deben abarcar los puntos más influyentes dentro de la vida de cualquier producto, y por ende de la línea de producción.

La demanda que tiene en el mercado, los costos que se incurren al fabricarlo y la rentabilidad que se obtiene al venderlo son los aspectos más influyentes en la vida de un producto, ya que si no existen compradores (demanda) no hay razón para que exista dicho producto y si los costos son muy altos al fabricarlo, no será competitivo dentro del mercado sumado a esto se obtendría una baja rentabilidad si se lo logra vender. Además de lo anteriormente nombrado, se debe tomar en cuenta la disponibilidad de información histórica que se tenga sobre las líneas de producción que se quieran analizar.

En el caso de la empresa objeto de este estudio, se cuenta con la siguiente información histórica completa, la misma que corresponde al año 2000: niveles de producción, horas hombre

utilizadas, eficiencias de líneas, niveles de desperdicios generados, costos de producción, precios de ventas. Teniendo esta información, y combinándola con los aspectos influyentes en la vida de un producto se ha considerado seleccionar seis criterios de decisión los cuales encierran todas las características anteriormente nombradas. Estos criterios son:

- Los niveles de producción del año 2000
- Los niveles de eficiencias de las líneas de producción en el año 2000
- Los niveles de desperdicio por línea de producción en el año 2000
- El costo del desperdicio por línea de producción en el año 2000
- El costo de producción por kilo de las diferentes líneas productivas en el año 2000
- La utilidad neta por kilo aproximada que generaron las líneas de producción en el año 2000.

Con los niveles de producción se puede realizar una aproximación de la demanda en el mercado, aspecto explicado en el punto 2.1.1, con los niveles de eficiencias, desperdicios, costos de desperdicio y costos de producción se abarca los aspectos

relacionados a los costos que se incurren al fabricar el producto, y con la utilidad neta se abarca lo relacionado a la ganancia que se obtiene al vender dicho producto.

La herramienta de decisión que se utilizará para realizar la selección final de la línea de producción será el Método Cualitativo por puntos o también llamado Función de Valor de Sumas Ponderadas, la cual consiste en asignar valores ponderados de peso relativo, al cual denominaremos “Wj”, estimados de acuerdo a la importancia que se le atribuye a cada criterio de selección denominado por el subíndice “j”. La expresión final que nos permitirá determinar la calificación final de cada alternativa, denominada por el subíndice “i”, se denomina Función de Valor, cuya expresión es la siguiente:

$$V_i = W_1 f_{i1} + W_2 f_{i2} + \dots + W_n f_{in}$$

Donde:

Vi: Función de valor ponderada para la alternativa “i”

Wj: Peso asignado al criterio “j”

fij: Valor asignado al criterio “j” de la alternativa “i”

Para este caso, el peso asignado “Wi” va a estar determinado en forma subjetiva recogiendo varios criterios de personas con

experiencia, o conocido también como grupo de expertos. En cambio que el valor “fij” estará dado por el resultado de los datos de cada criterio “j” que se van a analizar, estando expresados en porcentajes, de esta manera se cubren con las dos partes de la función, la parte subjetiva de ponderación y la parte objetiva con valores reales.<sup>2</sup>

A continuación se analizarán los diferentes criterios escogidos para el análisis y al final se procederá a utilizar la función de valor de sumas ponderadas para llegar a la selección final de las líneas.

### **2.1.1 Análisis de la Producción de la planta en el año 2000**

La producción que tuvo la planta en el año 2000 fue seleccionada como criterio de decisión debido principalmente al efecto que se dio en ventas en ese año, en donde el total de toneladas producidas por las diferentes líneas se convirtieron en ventas reales, eso hace concluir que la demanda en el mercado de los productos que siendo producidos en la planta puede ir ligada a los niveles de producción que se obtuvieron en ese año, de esa manera

---

<sup>2</sup> Fuente: Preparación y Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag Chain – Reinaldo Sapag Chain, 3 era. Edición, Mc Graw Hill, capítulo 9.

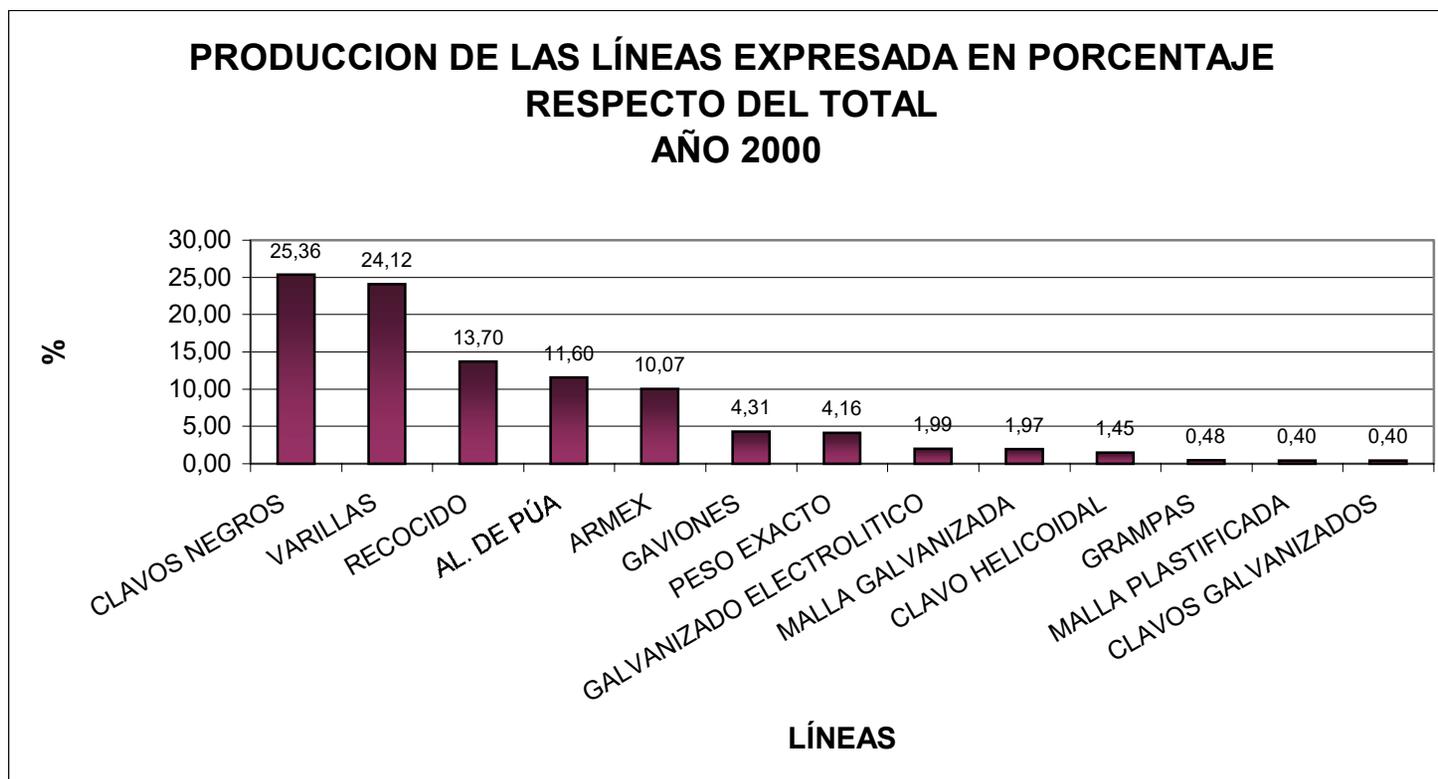
los productos que se produjeron más fueron los que más se vendieron. Vale recalcar que la planta tiene un sistema de producción mixto, es decir, se produce por lotes y bajo pedidos, además que el comportamiento en ventas que se tuvo en el 2000 es una tendencia que se viene dando desde 1998 hasta la fecha.

En este punto de análisis es válido recordar que el objetivo de la planta de Guayaquil es atender la demanda del sector costero y sur occidental del país, o cuando sea el caso atender la demanda nacional o exportaciones hacia diferentes países, sumado a esto la otra planta ubicada en la ciudad de Quito fabrica los mismos productos que la de Guayaquil. Por esto la producción del 2000 es un criterio que refleja que productos son los más importantes, desde el punto de vista de ventas, para la planta y la empresa.

Si observamos la figura 2.1 se pueden apreciar en conjunto los diferentes niveles de producción que tuvieron las líneas de la planta, los cuales están expresados en porcentajes con respecto al total de toneladas producidas. Así se observa que los Clavos Negros representan el 25.4% de la

producción de la planta, las Varillas Enderezadas representan un 24.12%, el Alambre Recocido el 13.70%, etc. Los índices de producción de todas las líneas se los puede observar ordenados en la tabla III.

Se aprecia claramente el predominio que tuvo en el año 2000 la producción de clavos negros y varillas enderezadas, sumando ambas casi el 50% del trabajo de la planta. Esto se podría explicar debido a que la gama de clavos negros que se ofrece tienen una alta aceptación en el mercado de la construcción, artesanal, industrial, entre otros, además de ser un producto tradicional y símbolo de la empresa. En tanto que las varillas son productos de alto consumo en el campo de la construcción, que sumado al buen precio de venta que estas tienen, arrastran una gran demanda constituyéndose en un buen competidor con productos fabricados por otras empresas en el mercado.



**Figura 2.1** Niveles de producción, expresados en % respecto del total de las líneas de producción en el 2000

TABLA III  
NIVELES DE PRODUCCIÓN DEL AÑO 2000 POR LÍNEA

Línea	Producción (%)
Clavos Negros	25.40
Varillas Enderezadas	24.12
Alambre Recocido	13.70
Alambre de Púas	11.60
Armex (Malla electrosoldada)	10.07
Gaviones	4.29
Peso Exacto	4.15
Galvanizado Electrolítico	1.99
Malla Galvanizada	1.97
Clavo Helicoidal	1.45
Grampas	0.48
Malla Plastificada	0.40
Clavos Galvanizados	0.40

Otro factor que ayuda a que los clavos negros y las varillas sean los productos con mayores niveles de producción es el que ambos se caracterizan por ser productos cuyos procesos no deben pasar por el proceso de galvanizado, por eso su tiempo de producción es más corto y son menos

costosos de elaborar.

La producción en conjunto de alambres recocidos, alambres de púas y la malla electrosoldada constituyen un 35% de la producción de la planta, valor que no es despreciable si tomamos en cuenta que el resto de productos no mencionados anteriormente suman apenas el restante 15% de la producción total de planta.

El alambre recocido es muy usado en el campo de la construcción especialmente en el aseguramiento de las estructuras metálicas que servirán de armazón, entre otras funciones. En cambio que el alambre de púa tiene un uso muy generalizado en la agricultura para el cercado de terrenos o áreas para los ganados convirtiéndolo en herramienta indispensable para la gente del campo; mientras que las mallas electrosoldadas armex tienen varios usos ya sea como cerramiento o como parte de las estructuras metálicas de las construcciones, en donde con su aplicación se gana seguridad y rapidez.

### 2.1.2 Análisis de los Niveles de Eficiencia de las líneas de producción en el año 2000

La eficiencia de las líneas de producción está determinada por la comparación, expresada en porcentajes, del valor teórico calculado de la capacidad instalada de las líneas de producción (excluyendo los cierres colectivos), con el valor real de cuanto se produce en un intervalo de tiempo tomado en cuenta. De esta manera en el índice de eficiencia se refleja en que porcentaje se están aprovechando todos los recursos como capacidad de máquinas instaladas, mano de obra, tiempo de producción, materia prima, insumos, etc. La fórmula del cálculo de eficiencia es la siguiente<sup>3</sup>:

$$Eficiencia \ (%) = \frac{Pr \ oducción \ _{real}}{Pr \ oducción \ _{teórica}} \times 100$$

Se seleccionó la eficiencia de las líneas de producción como criterio de decisión, debido al impacto que tienen estos índices sobre los costos de producción y por ende sobre la utilidad de la empresa, ya que ineficiencia de una línea de producción significa encarecimiento del producto fabricado. Los índices de eficiencia de las líneas de

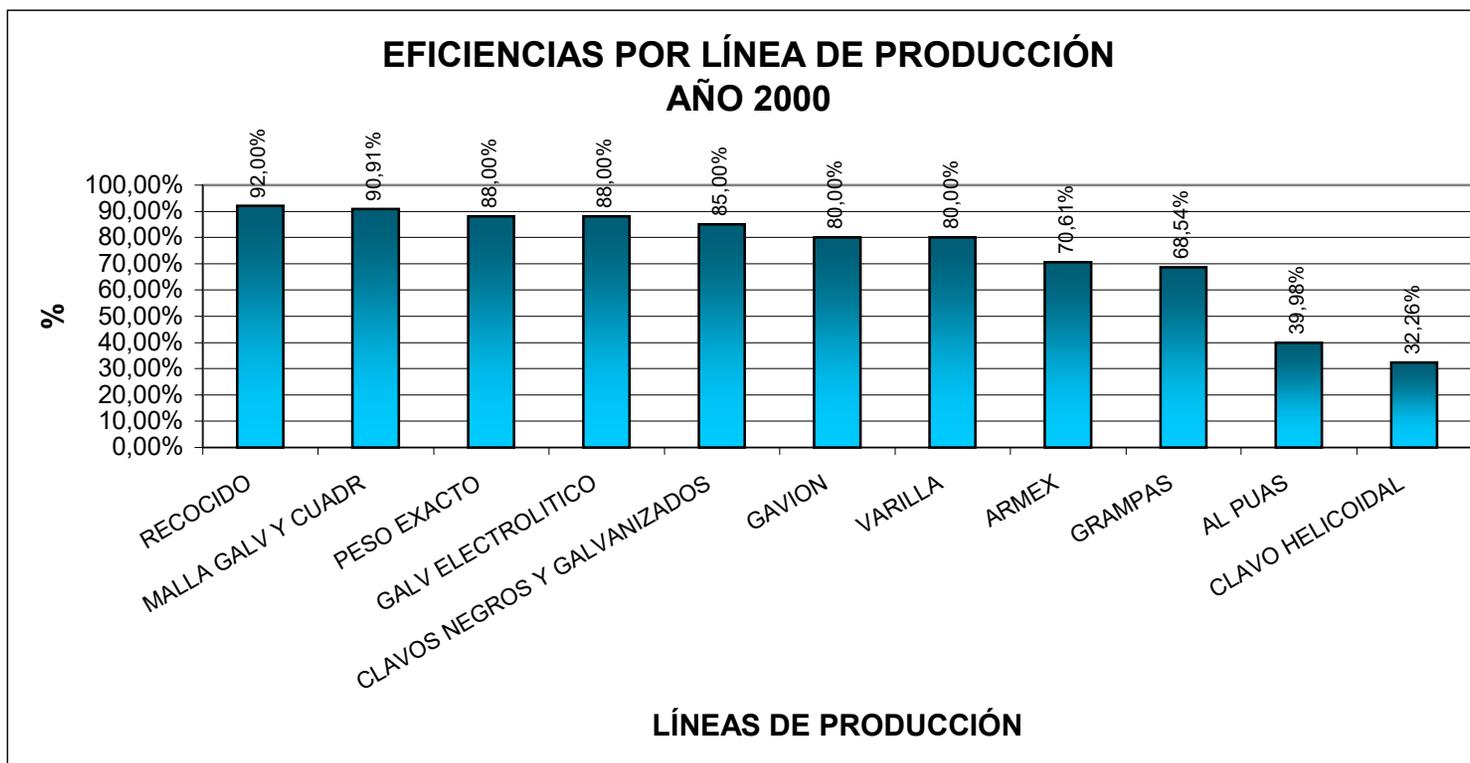
---

<sup>3</sup> Fuente: Datos Operacionales, Definiciones, División Latin America, Group Bekaert

producción de la planta se los puede observar en la figura 2.2. Además estos índices son buenos identificadores de donde están ubicados los problemas en la planta, ya sea disminución en las cantidades producidas, aumento del tiempo de producción o también aumento de cantidades de desperdicio.

Los valores de eficiencias del año 2000 correspondientes a las líneas de producción de la planta se pueden apreciar en forma ordenada en la tabla IV.

Vale hacer notar que la fuente que proporcionó los datos de eficiencia fue el departamento de Gestión de Calidad de la planta, por ese motivo se aprecia que cuatro líneas se encuentran integradas en dos grupos y por ende sus valores de eficiencia se encuentran integrados también, estos son la malla galvanizada con la malla cuadrada y los clavos negros con clavos galvanizados.



**Figura 2.2** Eficiencias de las líneas de producción en el año 2000

TABLA IV

## ÍNDICES DE EFICIENCIAS DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN, AÑO 2000

Línea	Eficiencia (%)
Alambre Recocido	92.00
Malla galvanizada y plastificada	90.91
Peso Exacto	88.00
Galvanizado Electrolítico	88.00
Clavos Negros y Galvanizados	85.00
Gaviones	80.00
Varillas Enderezadas	80.00
Armex	70.61
Grampas	68.54
Alambre de Púas	39.98
Clavo Helicoidal	32.26

Como se mencionó antes, la eficiencia es un índice que nos ayuda a establecer de que manera se están aprovechando los recursos con que cuentan las líneas de producción, en ese aspecto, analizando los valores de eficiencia que tuvieron las mismas en el año 2000 se puede observar que a excepción de dos de ellas, alambre de púas y clavo helicoidal, el resto de líneas tienen un índice aceptable de

eficiencia que va desde el 90% al 68%.

La línea de alambres recocidos tiene una eficiencia del 92%, debido principalmente a que su proceso es bastante rígido y con pocos factores de retraso o desperdicio. De igual manera las líneas de malla galvanizada y plastificada, peso exacto, galvanizado electrolítico, clavos negros y galvanizados, gaviones, varillas, malla electrosoldada y grampas registran valores aceptables de eficiencia, no siendo el caso de las líneas de alambres de púas y clavo helicoidal donde se tienen eficiencias del 39% y 32% respectivamente. Niveles bajos que son preocupantes sus causas pueden ser asumidas por los niveles de desperdicio y paros de máquinas frecuentes de la línea de alambre de púas como también los frecuentes desperfectos de calibración o falta de material de la línea de clavo helicoidal.

### **2.1.3 Análisis de los Niveles de Desperdicio por líneas de producción en el año 2000**

El desperdicio en todo proceso productivo, es un factor negativo que en la gran mayoría de los casos es muy difícil o casi imposible de evitarlo, ya que sus causas de aparición

pueden ser de diversa índole, restos de material cortado, pérdidas de tiempo, excesivos movimientos, equivocaciones en producción o planificación, fallas en la calidad de los productos, etc. Un administrador debe de apuntar a identificar primero que clase de desperdicio le resulta más perjudicial, desde el punto de vista de costos, para su empresa o negocio y después tratar de que esos índices sean mínimos, eliminarlos, o buscarles alguna utilidad práctica o económica.

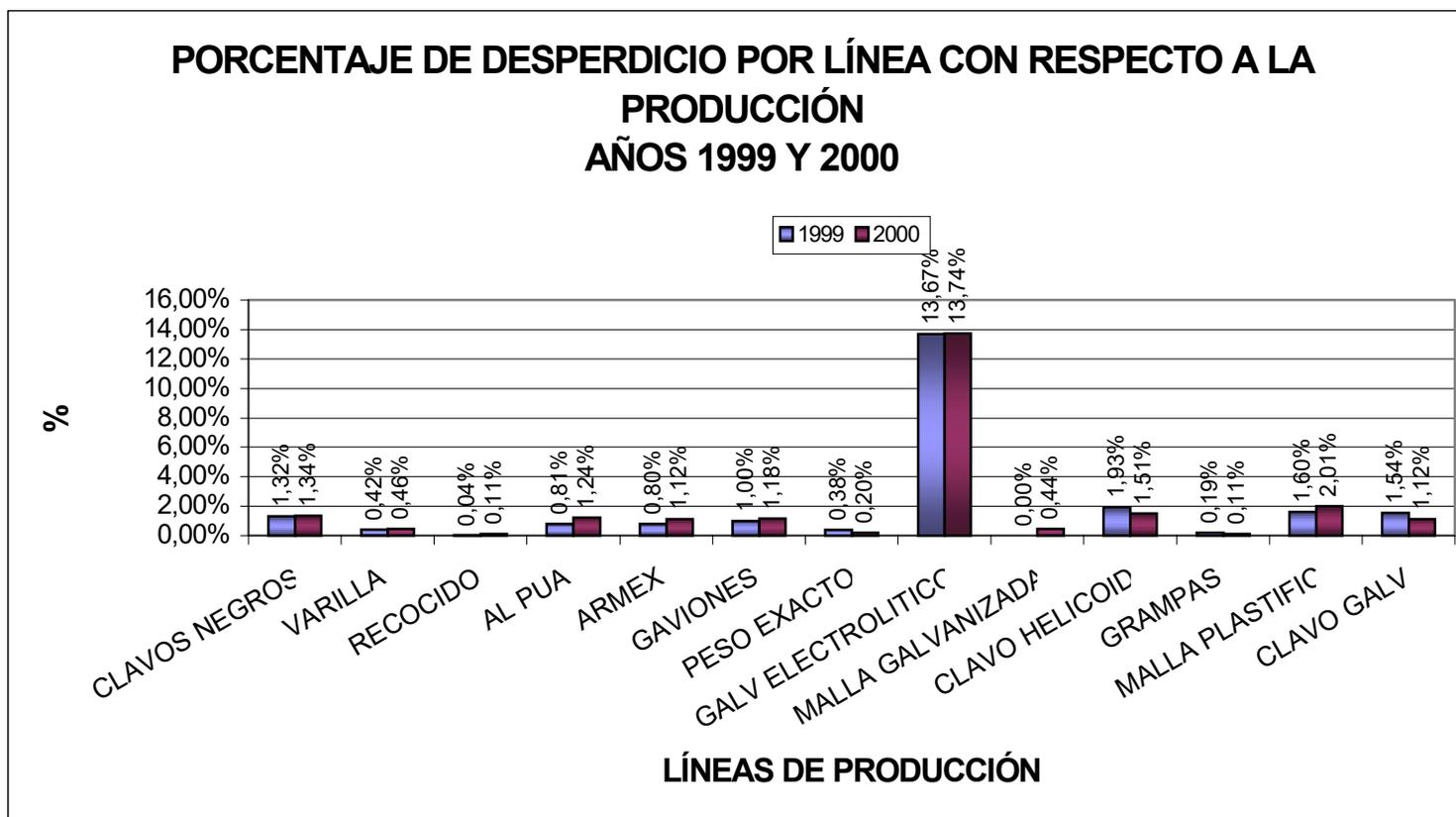
Teniendo en consideración el razonamiento anterior, se justifica el análisis de los niveles de desperdicio que se tuvieron en las líneas de producción en los años 1999 y 2000, como lo muestra la figura 2.3, ya que estos valores nos ayudarán a identificar los procesos en los que se generan la mayor cantidad de desperdicios para, en un análisis posterior, clasificarlos por orden de costos.

Solamente se analizarán los niveles de desperdicio de los años 1999 y 2000 ya que son los únicos en los cuales existe información correcta y clara con la que se puede trabajar. No estuvo al alcance la información de los años

anteriores debido a la pérdida de los datos por cambio en el sistema informático.

En la Tabla V se exponen en forma ordenada los niveles de desperdicio de las diferentes líneas de producción en los años 1999 y 2000. Los valores están expresados en porcentaje de desperdicio obtenido con respecto a la producción de la línea el año correspondiente. Además se muestra la variación, con respecto al año anterior, del índice de desperdicio.

Al analizar los valores de desperdicio se puede apreciar que existe un dato que se lo podría considerar aberrante, con respecto a la línea de Galvanizado Electrolítico, la cual tiene un índice de desperdicio mucho mayor que los demás, 13.67% y 13.74% en los años 1999 y 2000 respectivamente. Estos índices se dan debido a que en la obtención de la información se consideraron los kilos correspondientes a un desperdicio, que resulta de la operación de troquelado de unos rollos de fleje que forman parte de la cabeza del clavo de techo.



**Figura 2.3** Porcentaje de desperdicio, con respecto a la producción de las líneas en los años 1999 y 2000

TABLA V  
NIVELES DE DESPERDICIO Y VARIACIÓN EN PORCENTAJE DE LOS  
AÑOS 1999 Y 2000

Línea	Desperdicio año 1999	Desperdicio año 2000	Variación en %
CLAVOS NEGROS	1,32%	1,34%	0,02%
VARILLA	0,42%	0,46%	0,03%
AL RECOCIDO	0,04%	0,11%	0,07%
AL PUA	0,81%	1,24%	0,44%
ARMEX	0,80%	1,12%	0,32%
GAVIONES	1,00%	1,18%	0,17%
PESO EXACTO	0,38%	0,20%	-0,18%
GALV ELECTROLITICO	13,67%	13,74%	0,07%
MALLA GALVANIZADA	0,00%	0,44%	0,44%
CLAVO HELICOIDAL	1,93%	1,51%	-0,42%
GRAMPAS	0,19%	0,11%	-0,08%
MALLA PLASTIFICADA	1,60%	2,01%	0,40%
CLAVO GALV	1,54%	1,12%	-0,42%

En dicha operación de troquelado se realiza un corte circular en una plancha de forma rectangular, resultando un desperdicio cuya causa no es aplicable a mal procedimiento o fallas en producción, convirtiéndose en un desperdicio inevitable por la naturaleza del producto y del proceso de troquelado. Por ese motivo el análisis del desperdicio de la línea de Galvanizado Electrolítico pasa a otro nivel, el cual debe enfocarse a la búsqueda del mejor aprovechamiento de dicho desperdicio existente.

Hecha la aclaración anterior, podemos analizar las siguientes líneas de producción, dentro de las cuales la línea de Malla Plastificada tiene el más alto nivel de desperdicio obtenido en el 2000, 2.01% con respecto a su producción, en cambio que la línea de clavos helicoidales tuvo 1.93% de desperdicio respecto a su producción en el año 1999, constituyéndose en las líneas que tuvieron los índices más altos en ambos años respectivamente.

Dentro de los esfuerzos que llevan a cabo el departamento de Producción en conjunto con el de Gestión de Calidad, es necesario observar las variaciones de los índices de

desperdicio que se obtuvieron en los dos años analizados, de esta manera, se podrá monitorear en que línea se está incrementando la cantidad de desperdicio, o en donde las acciones tomadas para reducir el desperdicio están resultando correctas.

En la línea de alambres de Púas, así como en la de Malla Galvanizada y Cuadrada se tuvieron los mayores aumentos de desperdicios que fueron en el orden del 0.40%, aparentemente un porcentaje bajo, pero hay que notar que por la magnitud de las cantidades producidas de estas líneas, un aumento del 0.1% en el índice de desperdicio representa aproximadamente 2,000 kg de material inservible. Por ello lo preocupante de un aumento de 0.40% que representan aproximadamente 8,000 kg más de desperdicio con respecto al año anterior.

De igual manera en la línea de mallas electrosoldadas armex se tiene un incremento en los niveles de desperdicio de 0.32% respecto al año anterior. Esta variación representa aproximadamente 6,400 kg de desperdicio de incremento.

Niveles de desperdicio que no se pueden dejar de analizar son los de las líneas de clavos negros y de gaviones. En el primer caso, si bien es cierto, no se tiene una gran variación con respecto al año anterior, el índice de 1.34% del año 2000 representa un valor muy alto si tomamos en cuenta que se tratan de aproximadamente 50,000 kg de desperdicio al año, valor preocupante ya que los clavos representan un producto estratégico y característico de la empresa. De igual manera en la línea de gaviones, se tiene un índice de 1.18% en el 2000 que representa aproximadamente 7,500 kg de desperdicio en el año; aunque por la naturaleza del proceso se tenga un desperdicio inevitable, este valor no deja de ser elevado e influyente ya que de la misma forma que los clavos, los gaviones representan un producto estratégico de la empresa a nivel de mercado.

#### **2.1.4 Estimación del Costo del desperdicio por líneas de producción en el año 2000**

Como se mencionó en el literal anterior, el desperdicio es un factor muchas veces inevitable en los procesos productivos, en donde los estudios van enfocados a su

reducción, eliminación o mejor aprovechamiento. Sin embargo se debe empezar por la reducción del desperdicio más influyente con respecto a las utilidades de la empresa, esto es, el desperdicio que resulta más costoso ya sea por volumen o por valor agregado. Por estos motivos, dentro de los criterios para seleccionar las líneas de producción objeto de estudio de esta tesis, se incluye el Costo del Desperdicio generado por las líneas de producción en el año 2000.

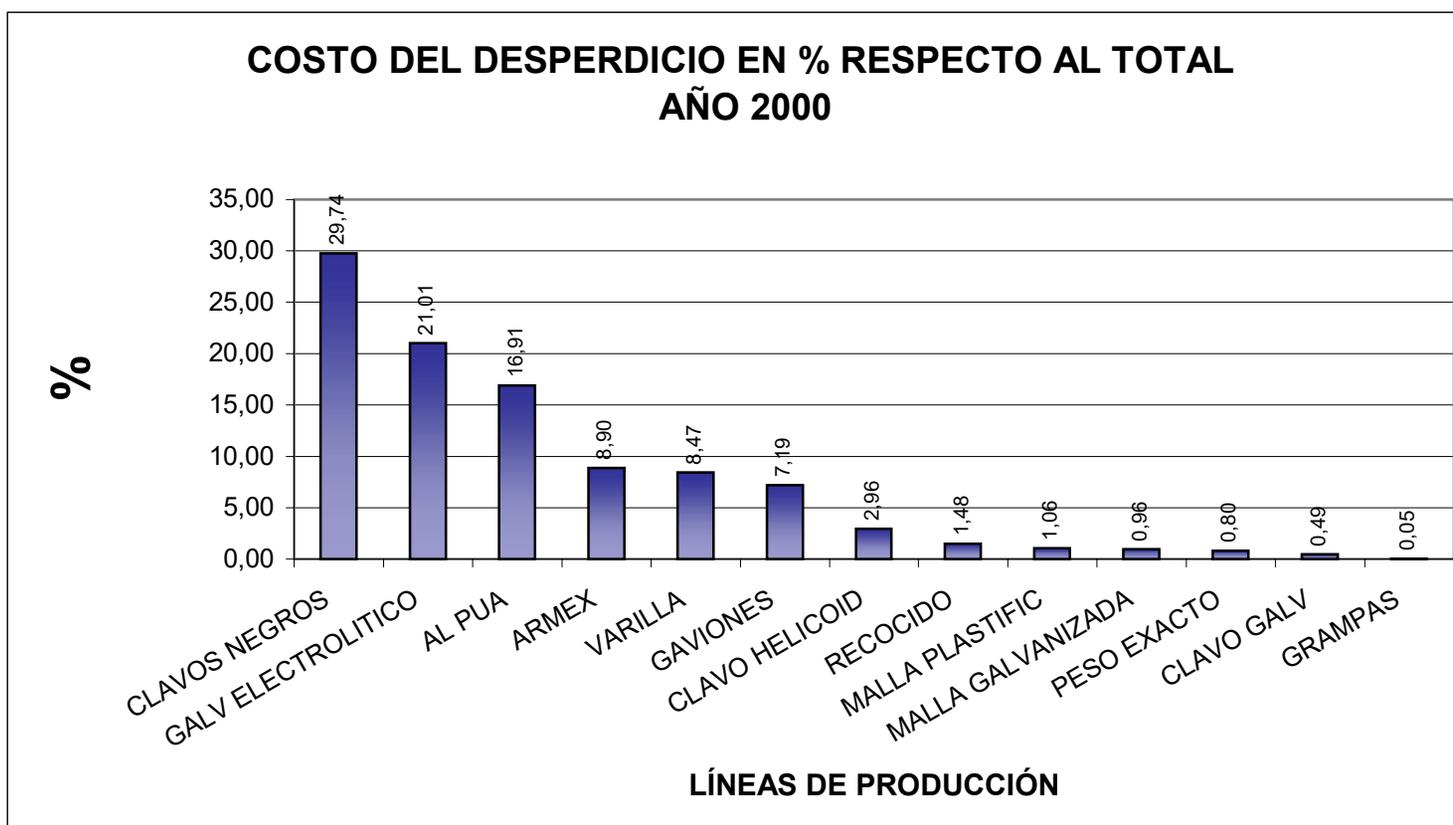
Se pueden apreciar en la figura 2.4 los costos del desperdicio por línea de producción en el año 2000 expresados en porcentajes con respecto al total de los costos incurridos por el desperdicio total, por ejemplo, la línea de malla cuadrada tiene unos costos por desperdicio del orden del 0.76%, esto significa que del total de los costos por concepto de desperdicio, a la línea de malla cuadrada le corresponde solamente el 0.76%.

Los valores son expresados así debido a la reserva que tienen las empresas con respecto a costos, así usando las expresiones en porcentajes, se logra mantener lo reservado de la información al mismo tiempo que se permite trabajar

con los datos y darnos una idea global de la situación. En la tabla VI se muestran en forma ordenada los valores correspondientes a los costos del desperdicio del año 2000.

Si retomamos el análisis anterior, podremos ver que la línea de galvanizado electrolítico poseía el nivel mas alto de desperdicio expresado en porcentaje de kilos, tabla V, pero en cambio no constituye la línea que genere el desperdicio más costoso tal como se aprecia en la tabla VI. Vale recordar que en los datos correspondientes al desperdicio de la línea de galvanizado electrolítico se están incluyendo los kilos de los restos del material cortado de desperdicio inevitable, por esta razón se tiene un índice elevado.

La línea de clavos negros registra un 30.88% de participación en los costos por concepto de desperdicio de la planta, valor alto si consideramos que en este proceso no existe desperdicio inevitable, por el contrario, la mayoría de este se debe a descalibraciones de las máquinas, fallas en la materia prima, errores de operación, etc.



**Figura 2.4** Costo del desperdicio, expresado en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000

TABLA VI  
COSTOS DEL DESPERDICIO POR LÍNEA EXPRESADO EN PORCENTAJE

Línea	Costo del desperdicio en %
Clavos Negros	30.88
Galv. Electrolítico	20.65
Alambre de Púa	16.63
Armex	8.74
Varilla	8.32
Gaviones	7.07
Clavo Helicoidal	2.91
Recocido	1.46
Malla Plastificada	1.04
Malla Galvanizada	0.96
Peso Exacto	0.79
Clavo Galvanizado	0.51
Grampas	0.05

La línea de alambres de púas tiene una participación del 16.63% con respecto al costo total de desperdicio de todas las líneas ocupando el tercer lugar, siendo de igual manera un valor difícil de despreciarlo ya que las causas del desperdicio que genera esta línea se deben en su mayoría

a la mala calidad de la materia prima o a una mala calibración de las máquinas. Seguido se tiene el 8.74% del costo del desperdicio de la línea de malla electrosoldada armex, el 8.32% de la línea de varillas y el 7.07% de la línea de gaviones, causados por mala calibraciones o mala operación de las máquinas.

Los restantes porcentajes de las demás líneas representan en conjunto solamente un 6% del costo total del desperdicio, siendo cifras de poco impacto en la evaluación global de costos.

#### **2.1.5 Evaluación del Costo de producción de las diferentes líneas productivas durante el año 2000**

En el mundo competitivo que se ha desarrollado en estos tiempos, el factor costos se ha convertido en uno de los más importantes para las empresas. Lo que se busca siempre es tratar de bajar lo más posible los valores de costos para así tener un margen más amplio donde trabajar con respecto al precio de venta y las utilidades. Obviamente la tarea de bajar los costos al mínimo no es fácil, ya que al hacerlo, no se deben afectar otros factores como la calidad

del producto, el punto de equilibrio de los precios, etc.

Por ese motivo, dentro del análisis para seleccionar las líneas de producción más importantes de la planta, no se podía dejar a un lado el factor de costos de producción, ya que estos son determinantes en las utilidades de la planta con relación a sus productos fabricados.

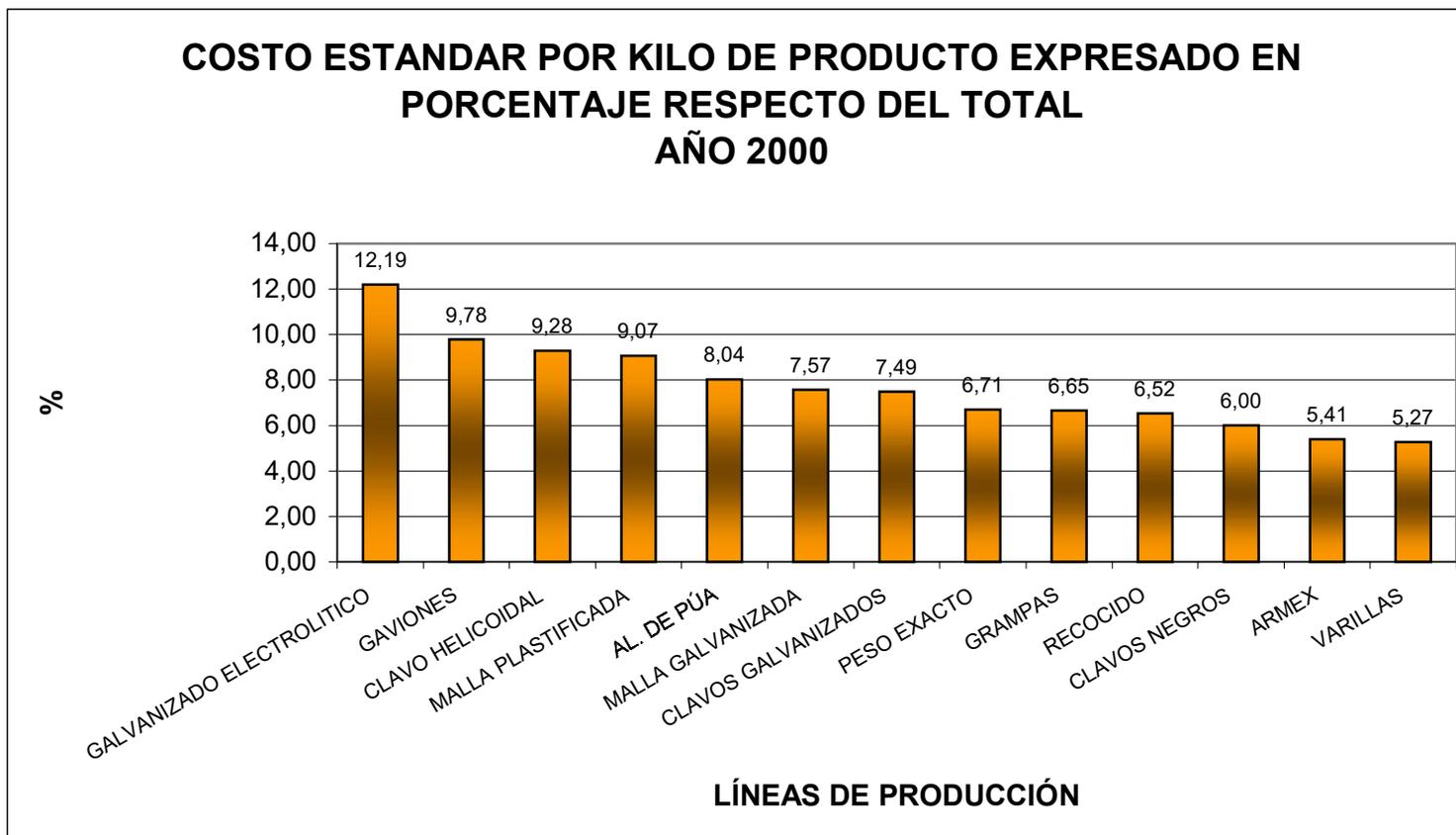
Dentro de la empresa el sistema de costeo usado es el de los Costos Estándares, esto significa que, todos los costos asociados a los productos se basan en cantidades estándares o predeterminadas. Dichos costos estándares representan los costos planeados de los productos y con frecuencia se establecen previo al inicio de la producción. Para este análisis se trabajará con costos por kilo de producto debido a la variedad de items que se fabrican y a la uniformidad de la unidad con que mide la empresa su producción. Además se usarán los datos correspondientes a los costos que se tuvieron en promedio durante el año 2000 por ser los más recientes.

En la figura 2.5 podemos observar los costos por kilo de

producto de las diferentes líneas de producción expresados en porcentaje por obvias razones de reserva sobre esta información; el porcentaje de costos por kilo está determinado sumando todos los costos por kilo de las diferentes líneas y posteriormente calculando el porcentaje representativo de cada una sobre el total.

Con esta forma de expresión de los costos se logra mantener la reserva y tener datos consistentes para poder analizar. En la tabla VI se muestran en forma ordenada los valores de porcentajes de todas las líneas de producción correspondientes a los costos estándares por kilo que se manejaron en promedio en el año 2000.

Podemos observar que la línea de galvanizado electrolítico tiene el costo por kilo más alto que las demás líneas llegando a ser del 12.08% del total. Si retomamos el análisis del nivel del desperdicio y de los costos del desperdicio, literales 2.1.3 y 2.1.4, recordaremos que esta línea tenía índices altos con respecto a las demás, y por ende sus costos estándares van a ser altos.



**Figura 2.5** Costos estándares por kilo, expresados en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000

TABLA VII.  
 COSTOS ESTÁNDARES POR KILO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN,  
 AÑO 2000

Línea	Costo Estándar por kilo en % año 2000
GALV. ELECTROLÍTICO	12.08
GAVIONES	9.69
CLAVO HELICOIDAL	9.19
MALLA PLASTIFICADA	8.98
AL PÚA	7.97
CLAVO GALVANIZADO	7.92
MALLA GALVANIZADA	7.62
PESO EXACTO	6.64
GRAMPAS	6.59
RECOCIDO	6.46
CLAVOS NEGROS	6.28
ARMEX	5.36
VARILLA	5.22

Las líneas de gaviones, clavo helicoidal y malla plastificada representan otro margen importante en los costos teniendo porcentajes del 9.69%, 9.19% y 8.98% respectivamente. En

el primero se emplea gran cantidad de horas de mano de obra, en cambio que el segundo y tercero se caracterizan por su tecnicismo, complejidad y variados procesos intermedios.

Otro grupo que poseen valores semejantes son las líneas de alambres de púas con 7.97%, clavo galvanizado con 7.92% y malla galvanizada con 7.62%. Lo que caracteriza a estas tres líneas en conjunto es que todas usan como materia prima principal alambre galvanizado el mismo que ha pasado por un proceso aparte de galvanización, añadiéndole un valor agregado a los productos.

Las restantes líneas de producción poseen valores semejantes que van desde el 6.64% al 5.22%, no existiendo variaciones significativas. Vale la pena notar que existe una relación directa entre costos estándares y cantidad de procesos intermedios de cada línea, así la línea de varillas que posee el costo estándar por kilo más bajo tiene solo dos procesos, la línea de armex con 5.36% tiene tres procesos, al igual que la línea de clavos negros con 6.28% y así sucesivamente hasta llegar a la línea de galvanizado

electrolítico, que como ya se mencionó antes, posee un proceso más elaborado y tecnificado por su naturaleza y por las especificaciones que dicta la norma sobre esa clase de productos.

Por último, debido a la naturaleza de costeo que usa la empresa, costos estándares, existen variaciones dentro de un mismo año que no pueden ser atribuidas a los agentes económicos, sino a estrategias para mejorar la posición en el mercado de un producto con respecto a los demás. Estas variaciones, por obvias razones de reserva, no serán analizadas en esta tesis, ya que forman parte de la estrategia competitiva a nivel de empresa.

#### **2.1.6 Evaluación de la Utilidad Neta de las diferentes líneas productivas durante el año 2000**

Un factor crítico de una empresa de cualquier tipo, es el nivel de utilidades que tenga la misma con respecto a la venta de sus productos, ya que su competitividad en el mercado depende de la franja entre precios y costos que se fije. En muchas ocasiones, estrategias de competencia obligan a las empresas a reducir ese margen de utilidad,

con el fin de mejorar la posición de sus precios con relación a otros de una competencia cercana o simplemente debido a la situación económica presente en el mercado donde se desenvuelven.

Por estos motivos, un análisis de los costos, como el realizado en el literal anterior, se complementa con el estudio de los valores correspondientes a las utilidades que generan los productos elaborados en las líneas de producción. De esa manera un administrador podrá mejorar el margen de utilidad de sus productos haciendo bajar los costos para que de esa manera se puedan bajar los precios o aumentar los ingresos por concepto de utilidades.

Para efectos de este estudio y siguiendo los procedimientos usados en el literal anterior con los costos estándares, se procederá a realizar el análisis expresando las utilidades por kilo de producto fabricado en las diferentes líneas, así se tendrá una visión más global de la situación actual y se podrán relacionar las cifras de utilidades con la producción realizada en ese tiempo. Además las utilidades están calculadas respecto al precio de costo y los costos

estándares de los distintos productos, esto es, las utilidades antes de impuestos de ley.

Como se puede observar en la figura 2.6, las utilidades por kilo se encuentran expresadas en porcentajes debido a la reserva que se tiene con este tipo de información. El porcentaje se obtiene sumando todas las utilidades por kilo de las diferentes líneas de producción y posteriormente calculando el porcentaje que le corresponde de participación de cada línea respecto al valor total, así por ejemplo, la línea de malla electrosoldada armex posee una utilidad por kilo correspondiente al 5.40%, esto significa que del total de utilidades por kilo de todas las líneas, la línea de malla electrosoldada armex aporta o representa el 5.40%. Con esta manera de expresar las utilidades se mantienen en reserva los datos a la vez que se obtiene una idea global del aporte de cada línea a las utilidades de la planta.

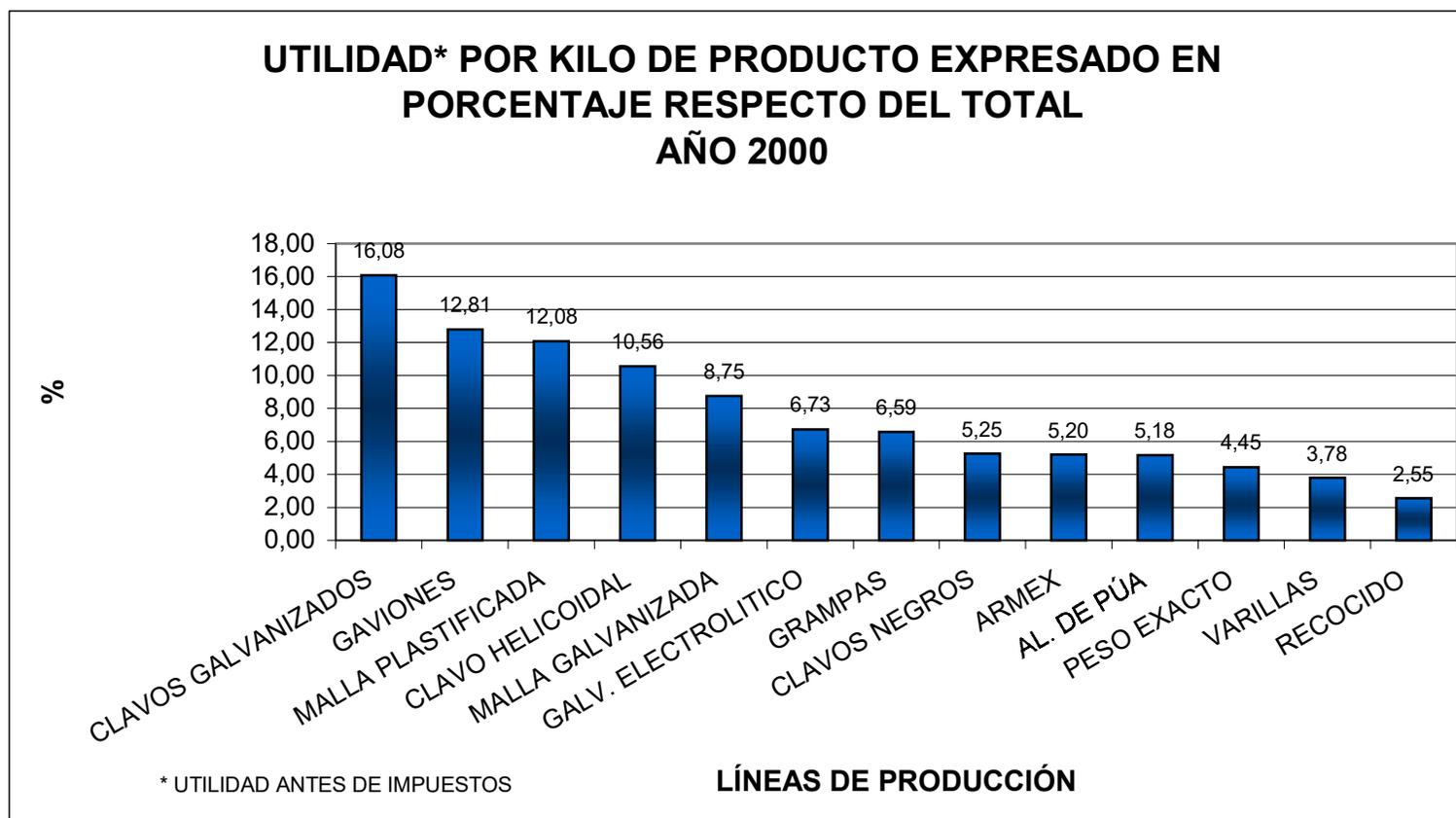
Tal como se hizo en el análisis de los costos estándares, se ha tomado como frontera de estudio el año 2000 para efectos de tener valores recientes y representativos de un margen importante de tiempo. En la tabla VIII podemos

observar en forma ordenada los valores de porcentajes de utilidad por kilo de todas las líneas de producción.

En esta ocasión, la línea de galvanizado electrolítico, que cuenta con más procesos intermedios no resulta ser la que tenga una mayor utilidad por kilo, como sucedió con los costos estándares, esta posee un 9.61% de utilidad por kilo estando en quinto lugar con respecto a las demás.

La línea que genera la mayor utilidad por kilo de producto es la de gaviones, la cual representa un 11.57% respecto del total de utilidades. Sin embargo es un producto que registra altas ventas solo en épocas lluviosas, ya que sirve para construir muros de contención en el cause de ríos.

Si tomamos en cuenta la situación que sucede con los gaviones, se justifica que para realizar la selección de las líneas más importantes de la planta, se usen varios factores de decisión y no solamente el nivel de utilidades que sería lo más aceptable, ya que si bien es cierto un producto puede tener una alta utilidad por kilo, este pueda ser que no tenga un índice alto de ventas sostenido todo el año.



**Figura 2.6** Utilidad por kilo, expresada en % respecto del total, de las líneas de producción en el 2000

TABLA VIII  
 UTILIDADES POR KILO ANTES DE IMPUESTOS DE LAS LÍNEAS DE  
 PRODUCCIÓN, AÑO 2000

Línea	Utilidad por kilo antes de impuestos en %, año 2000
GAVIONES	11.6
CLAVO GALVANIZADO	11.1
MALLA PLASTIFICADA	10.8
CLAVO HELICOIDAL	10.1
GALV. ELECTROLÍTICO	9.61
MALLA GALVANIZADA	8.11
GRAMPAS	6.76
AL PUA	6.71
PESO EXACTO	5.66
ARMEX	5.40
CLAVOS NEGROS	4.99
RECOCIDO	4.59
VARILLA	4.58

De esa forma un producto que aunque tenga niveles de utilidad medios o bajos, si tiene grandes volúmenes de ventas, puede pasar a constituirse en un producto estrella

para la compañía. De allí radica la razón de incluir los niveles de producción que tuvo la planta durante el año 2000, factor analizado en el literal 2.1.1.

Incluyendo a la línea de gaviones con el 11.57% de utilidad por kilo, las líneas de clavo galvanizado, malla plastificada, clavo helicoidal y galvanizado electrolítico forman un grupo importante de productos que poseen valores de utilidad por kilo de 11.09%, 10.81%, 10.13% y 9.61% respectivamente. Las cinco líneas nombradas llegan a representar el 53% de las utilidades por kilo de la planta. Sin embargo si vemos la figura 2.1, podremos notar que justamente estas líneas, con mayor porcentaje de utilidad por kilo, fueron las que tuvieron los menores porcentajes de producción durante el año 2000, llegando a ser el mayor la línea de gaviones con el 4.29% solamente y en conjunto todas apenas el 8.53%, concluyendo que los productos con mayor utilidad por kilo, no siempre generan los mayores ingresos para la planta, es importante considerar paralelamente la producción que se dio en las líneas mencionadas.

Un valor que se podría considerar intermedio lo tiene la

línea de malla galvanizada, con 8.11% de las utilidades totales por kilo de las líneas, las demás poseen valores parecidos que van entre 6.76% y 4.58%, representando en conjunto el 46.79% restante de las utilidades por kilo. Vale la pena recordar que estos valores fueron los que se dieron en el transcurso del año 2000, para el presente año existen variaciones, que como ya se mencionó, dependen principalmente de las políticas y estrategias que tenga la empresa de acuerdo a la estrategia de mercado planteada.

### **Selección de la línea de producción objeto de estudio**

Una vez terminado el análisis de todos los criterios de selección planteados al inicio del capítulo se puede proceder al uso de la Función de Valor de Sumas Ponderadas para escoger la línea que será objeto de estudio de esta tesis. Para mayor facilidad se le asignará una letra a cada criterio de selección, el cual será numerado por el índice "i", a la vez que se le dará el correspondiente peso " $W_j$ ", sobre 10, obtenido basándose en criterios de personas calificadas. En la tabla IX se muestran los correspondientes criterios de selección con sus correspondientes valores de peso.

TABLA IX.  
CRITERIOS DE SELECCIÓN CON LOS PESOS WJ

Letra	Criterio de Decisión	Peso Wj
A	Producción por líneas en %	9
B	Eficiencias por líneas	6
C	Porcentaje de desperdicio por líneas	7
D	Costo del desperdicio en % por líneas	8
E	Costo estándar de producción expresado en % por línea	9
F	Utilidad por kilo expresada en % por línea	9

Los diferentes criterios de selección van a señalar valores que ayudarán, en la sumatoria final, identificar cual línea tiene un mayor puntaje y por ende ser la más representativa. Para este caso, dentro de la sumatoria, a excepción del criterio B, todos los demás tendrán valor positivo, esto es, van a adicionar puntos dentro de la función. El criterio B tiene valor negativo debido a que se busca la línea con menor índice de eficiencia, así la línea que tenga un alto nivel de eficiencia tendrá menos puntos, en cambio que la línea con menor índice de eficiencia tendrá un valor de función mayor siendo tomada en cuenta para la selección final.

Para representar el reemplazo de los valores en la función de valor de sumas ponderadas tomemos como ejemplo la línea de clavos negros, la cual posee los siguientes valores “fij” tomados de los porcentajes de los criterios de selección:

TABLA X.  
VALORES “FIJ” PARA LA LÍNEA DE CLAVOS NEGROS

Criterio	Valor asignado “fij”
A	25.4
B (-)	0.85
C	1.34
D	30.88
E	6.28
F	4.99

Si reemplazamos los valores en la fórmula de función de valor se obtiene:

$$V_i = W_1f_{i1} + W_2f_{i2} + \dots + W_nf_{in}$$

$$V_1 = (9)(25.4) + (6)(-0.85) + (7)(1.34) + (8)(24.32) + (9)(6.28) + (9)(4.99)$$

$$V_1 = 581.35$$

El valor “fij” correspondiente a la eficiencia por líneas, se lo divide para 100, por estar ya expresado en porcentaje. Así para la línea

de clavos negros se obtiene un valor de 581.35 puntos. A continuación se muestra en una tabla todos los valores “fij” correspondientes a todas las líneas, los cuales serán reemplazados en la función.

TABLA XI  
VALORES FIJ DE LA FUNCIÓN DE VALOR DE SUMAS PONDERADAS

Líneas	Criterios					
	A	B	C	D	E	F
CLAVO NEGRO	25.4	0.85	1.34	30.88	6.28	4.99
GALVANIZADO ELECTROLÍTICO	1.99	0.88	13.74	20.65	12.08	9.61
CLAVO HELICOIDAL	1.45	0.32	1.51	2.91	9.19	10.10
CLAVO GALVANIZADO	0.4	0.88	1.12	0.51	7.92	11.10
GAVIONES	4.29	0.80	1.18	7.07	9.69	11.60
MALLA PLASTIFICADA	0.4	0.91	2.01	1.04	8.98	10.8
MALLA GALVANIZADA	1.97	0.91	0.44	0.96	7.62	8.11
AL. DE PÚA	11.60	0.40	1.24	16.63	7.97	6.71

Líneas	Criterios					
	A	B	C	D	E	F
PESO EXACTO	4.15	0.88	0.20	0.79	6.64	5.66
GRAMPAS	0.48	0.68	0.11	0.05	6.59	6.76
AL. RECOCIDO	13.7	0.92	0.11	1.46	6.46	4.59
ARMEX	10.07	0.71	1.12	8.74	5.36	5.40
VARILLA	24.12	0.80	0.46	8.32	5.22	4.58

Así, como se mostró anteriormente, teniendo los valores “ $f_{ij}$ ” y “ $W_j$ ”, podemos calcular los puntajes “ $V_i$ ” de todas las líneas de producción, para poder ordenarlos en secuencia de importancia. A continuación se muestran, en una tabla, los resultados obtenidos reemplazando los valores en la función de valor de sumas ponderadas.

TABLA XII.

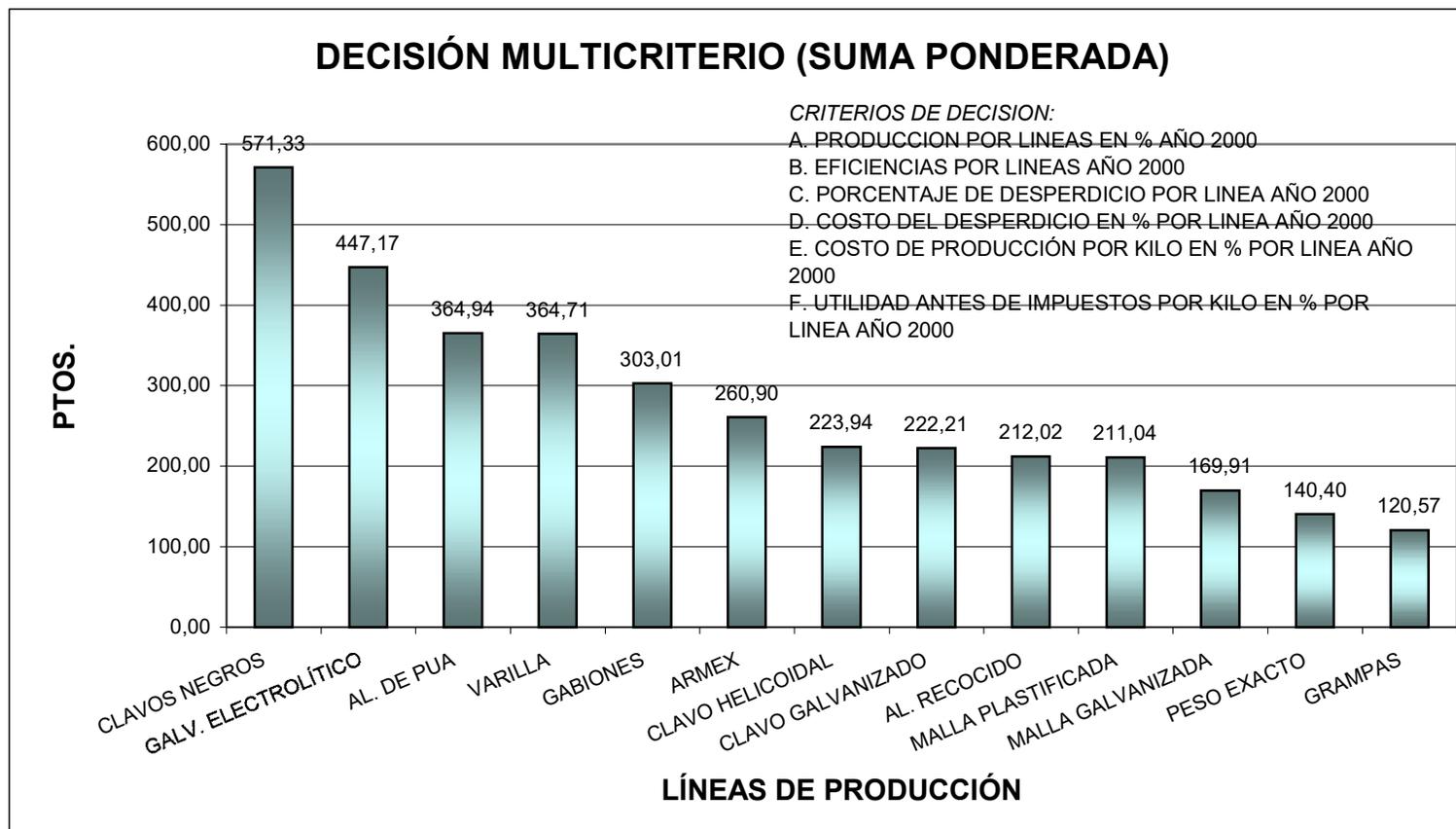
FUNCIÓN DE VALOR  $V_i$  DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

Líneas	Función de valor “ $V_i$ ”
CLAVOS NEGROS	581,35
GALVANIZADO ELECTROLÍTICO	469,22
ALAMBRE DE PUA	375,84
VARILLAS	370,26

Líneas	Función de valor "Vi"
GAVIONES	290,24
ARMEX	260,97
ALAMBRE RECOCIDO	229,68
CLAVO HELICOIDAL	218,59
MALLA PLASTIFICADA	198,55
CLAVO GALVANIZADO	181,42
MALLA GALVANIZADA	164,60
PESO EXACTO	150,49
GRAMPAS	121,56

En la figura 2.7 podemos ver en forma clara las posiciones, con respecto a la función de valor de sumas ponderadas, en que quedaron las líneas de producción. Así la línea de Clavos Negros ocupa el primer lugar, esto es, es la línea más significativa de la planta con respecto a los criterios de selección propuestos.

En segundo lugar se encuentra la línea de Galvanizado Electrolítico, la línea de Alambre de Púas se encuentra en tercer lugar y la línea de Varillas está en un cuarto puesto, para nombrar las cuatro primeras líneas más importantes para la planta.



**Figura 2.7** Resultado de la función de valor de sumas ponderadas

Por efectos de extensión de la tesis y limitación de recursos, no se pueden analizar varias líneas de producción, por ese motivo, el presente estudio se enfocará al mejoramiento de la línea de Clavos Negros por ser la más importante y representativa para la planta. Hay que anotar que los productos fabricados por esta línea, poseen los más altos índices de movimiento de inventarios, esto es, sus ventas se dan en forma sostenida por todo el año, adicionalmente son productos clásicos y característicos de esta empresa, los cuales poseen un posicionamiento fijo en la mente de los consumidores razón por la cual siempre se debe mantener un stock adecuado, así como la gama completa de productos de esta línea de producción.

## **2.2. Definición de los Problemas de la línea de producción de clavos negros**

Una vez identificada la línea de producción más significativa e importante para la planta, se procederá a describir los problemas que ocurren en los procesos productivos que se dan en la línea de producción de clavos negros, para lo cual se usará el Análisis de Causa - Efecto.

Posteriormente se realizará un análisis ABC o llamado también de

Pareto, para identificar los síntomas que representan más costos para la línea de producción para que de esa manera podamos focalizar los esfuerzos en reducir el ochenta por ciento de los problemas más importantes que presenta la planta.

A continuación, en la siguiente tabla se mencionan los síntomas y causas de primer y segundo nivel del proceso de Trefilado de la línea de clavos negros:

TABLA XIII  
PROBLEMAS EN EL PROCESO DE TREFILACIÓN DE LA LÍNEA DE  
CLAVOS NEGROS

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros de máquinas	Hileras <sup>4</sup> fuera de medida o en mal estado (rayadas, ovaladas, rotas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poca supervisión de la máquina por parte del operador</li> </ul>

<sup>4</sup> Hileras.- Dispositivo de acero con una incrustación central en aleación dura de carburo en forma de embudo, a través de la que se hace pasar el alambre para reducir su diámetro.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros de máquinas	Desconocimiento o mal uso del instrumento de medición (micrómetro)  Desconocimiento o mal uso de jabón lubricante en el proceso de trefilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación o actualización de conocimientos a los operadores</li> </ul>
	Falta de estandarización de los métodos de trabajo	No se encuentra en documentos escritos o en forma estandarizada los métodos, procedimientos de trabajo o manuales de operación del proceso y máquinas de trefilado
Paros de máquinas	Rotura de alambre en los pasos <sup>5</sup> de trefilado y el recogedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala calidad de la materia prima</li> <li>• Diámetros de la serie<sup>6</sup> fuera de norma</li> <li>• Desperfecto en soldadora</li> </ul>

<sup>5</sup> Paso.- Denominación dada al conjunto bobina, poleas y jabonera

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros de máquinas	Falta de Alambres o Alambre trefilado para alimentación a las máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala planificación o gestión del departamento de Comercio Exterior</li> <li>• Falta de demanda del mercado por ende, la planta no necesita que le envíen alambres</li> <li>• Retraso en la importación del Alambres</li> <li>• Asistencia inadecuada del montacargas</li> </ul>
	Daños en las máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de stocks de principales repuestos de las máquinas trefiladoras</li> </ul>
Paros de máquinas	Falta de spiders <sup>7</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasez de spiders en la planta</li> </ul>

<sup>6</sup> Serie.- Proporción del diámetro entre los pasos para obtener un diámetro deseado

<sup>7</sup> Spider.- Cuerpo cilíndrico, fabricado de tubos, en el cual se enrolla el alambre para poder transportarlo y almacenarlo.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Bajo Rendimiento de las máquinas	Obsolescencia de las máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de mantenimiento preventivo y predictivo</li> <li>• Falta de modernización de las máquinas</li> </ul>
	Falta de Spiders	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escasez de spiders en la planta</li> </ul>
Exceso de material en proceso	Las cantidades producidas exceden a las indicadas en las órdenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de control de parte de los operadores de las cantidades de las órdenes de producción</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• En las máquinas trefiladoras es muy difícil producir cantidades fijas de alambre</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error en la estructura del producto, respecto al MRP<sup>8</sup>, en el sistema de información</li> </ul>
Exceso de material en proceso		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error en la estructura del producto, respecto a las cantidades de desperdicio, en el sistema de información</li> </ul>

<sup>8</sup> MRP.- Siglas de Material Requirements Planning (Planeación de Requerimientos de Materiales)

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Desperdicio de alambre	Roturas constantes de hebras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala calidad de la materia prima</li> <li>• Diámetros fuera de norma en las hileras de las bobinas</li> <li>• Soldadura de hebra incorrecta</li> <li>• Inactividad de sensores para rotura de hebra<sup>9</sup> de las bobinas</li> </ul>
	Falta de micrómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida, deterioro o no existencia en bodega de micrómetros</li> </ul>

De igual manera, en la siguiente tabla, se nombran los problemas que se dan en el proceso de Formado del Clavo en la línea de producción de clavos negros:

TABLA XIV  
PROBLEMAS EN EL PROCESO DE FORMADO DEL CLAVO DE LA LÍNEA  
DE CLAVOS NEGROS

---

<sup>9</sup> Hebra.- Se refiere al alambre enrollado en los spiders

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros de Máquinas	Falta de alambre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de materia prima (alambre)</li> <li>Falta de montacargas para cargar la máquina</li> </ul>
	Paro por daño mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de piezas de repuesto</li> <li>Mala calibración de operadores</li> </ul>
	Maquina no programada para producir	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de solo un operador asignado al área en el turno</li> </ul>
	Artesa <sup>10</sup> llena en capacidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de presencia del montacargas para retirar la artesa llena y colocar una vacía de la máquina formadora de clavos</li> </ul>
Acumulación de desperdicio	Alambre con alta dureza <sup>11</sup> o mal lubricado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materia prima fuera de especificaciones de dureza</li> <li>Mala lubricación en el proceso de trefilado</li> </ul>

<sup>10</sup> Artesa.- Recipiente rectangular usado para almacenar y transportar los clavos, de aproximadamente 400 kg de capacidad

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Acumulación de desperdicio	Clavos mal formados o de mala calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descalibración de las máquinas durante el proceso</li> <li>• Descuido de operadores en las calibraciones de las máquinas</li> <li>• Material fuera de norma o especificaciones</li> </ul>
Sobrestock de producto final	Dificultad de planificar el trabajo de las máquinas claveras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varios tipos de máquinas con diferentes características</li> </ul>
	Varios tipos de clavos con diferentes medidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada máquina fabrica un rango diferente de medidas de clavos</li> </ul>
Sobrestock de producto final	Dificultad en fabricar cantidades exactas de clavos (en kg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de llevar un control de cantidades producidas</li> <li>• Spiders alimentadores de máquinas no tienen un peso constante (falta de unitarización)</li> </ul>

<sup>11</sup> Dureza.- Resistencia del metal a la deformación plástica, generalmente por indentación. Resistencia al rayado, abrasión o corte. No es una propiedad del material, pero sirve de comparación entre materiales o tratamientos. Se mide en Rockwell, Brinell o microdurezas.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Reprocesos o reclamos de calidad	Planificación no se la realiza por lote o por alguna otra forma de rastreabilidad ni forma de identificar la fecha de fabricación de un producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de llevar un control de los productos fabricados con anterioridad y entregados a bodega</li> </ul>

Para finalizar con el análisis de los problemas de la línea de producción de clavos negros, en la siguiente tabla se mencionan los problemas que tiene el proceso de Pulición y Embalaje, último de la línea:

TABLA XV  
PROBLEMAS EN EL PROCESO DE PULICIÓN Y EMBALAJE DE LA LÍNEA  
DE CLAVOS NEGROS

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros del área de Pulición y Embalaje	Falta de Clavos para pulir y embalar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paro del área de Formado de Clavo</li> </ul>

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Paros del área de Pulición y Embalaje	Daño del Tecla de área	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal uso por parte de los operadores</li> <li>• Defectos en la riel guía</li> </ul>
	Daño de la banda transportadora de la máquina embaladora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda en mal estado</li> <li>• Sobrepeso en la banda</li> </ul>
Embalaje de clavos mezclados o defectuosos (Implica su reproceso)	Descuido de operadores al embalar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe un método de control establecido o estandarizado</li> <li>• Falta de visibilidad en los turnos de la noche</li> <li>• No se cambia la base de la zaranda al cambiar de medida</li> </ul>
Acumulación de saldos de clavos de diferentes medidas	Dificultad de programar la producción con cantidades exactas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de controlar las cantidades producidas en las máquinas claveras en kg</li> </ul>
	Estimación de un 5% de desperdicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En ocasiones parte de ese 5% es el saldo que queda</li> </ul>

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)
Deterioro de las cajas de clavos al paletizarlas	Las cajas, aun teniendo el peso establecido de comercialización, no quedan llenas en toda su capacidad y al tener varios pisos las de abajo se aplastan	<ul style="list-style-type: none"> <li>El volumen de clavo, para llegar al peso establecido, varia dependiendo del tamaño del clavo, por ende, en algunas medidas queda espacio no usado en las cajas</li> </ul>

### 2.2.1. Análisis del costo de los problemas (síntomas) de la línea de producción de clavos negros

Para poder estimar los costos de los problemas se deben tomar en cuenta diferentes parámetros ya que cada uno de ellos posee una naturaleza distinta en lo que respecta a las actividades que conlleva sus causas.

Por esta razón, en la tabla XV se muestran los componentes que se tomaron en cuenta para estimar el costo de cada problema o síntoma que se dan en los procesos de la línea de producción de clavos negros.

TABLA XVI  
 COMPONENTES USADOS PARA ESTIMAR EL COSTO DE CADA  
 SÍNTOMA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS

Proceso	Síntomas	Componentes
Trefilado	Paro de máquinas	Costo de materiales + MO <sup>12</sup> trefilado + MQ <sup>13</sup> trefilado
	Bajo Rendimiento de las máquinas trefiladoras	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado
	Exceso de material en proceso	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + costo de almacenamiento
	Desperdicio de alambre	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado - precio de venta chatarra
Formado de clavo	Paro de máquinas	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería
	Acumulación de desperdicio	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería - % ganado de precio de venta clavo 2da

<sup>12</sup> MO.- Horas de mano de obra

<sup>13</sup> MQ.- Horas máquina

Proceso	Síntomas	Componentes
Formado de clavo	Sobrestock de producto final	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería + MO pulición + MQ pulición + MO embalaje + MQ embalaje + costo almacenamiento
	Reprocesos o reclamos de calidad internos	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería + MO pulición + MQ pulición + MO embalaje + MQ embalaje + costo caja
Pulición y Embalaje	Paro de máquinas	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería + MO pulición + MQ pulición + MO embalaje + MQ embalaje + costo caja
	Embalaje de clavos mezclados o defectuosos	MO pulición + MQ pulición + MO embalaje + MQ embalaje + costo caja + recargo de ventas y despachos
Pulición y Embalaje	Acumulación de saldos de clavos de diferentes medidas	Costo de materiales + MO trefilado + MQ trefilado + MO clavería + MQ clavería + MO pulición + MQ pulición + MO embalaje + MQ embalaje
	Deterioro de las cajas paletizadas	MO embalaje + MQ embalaje + costo caja

Por razones de reserva de información, no fue permitido, por parte de la gerencia de la planta, mostrar en este estudio los valores correspondientes a los costos de mano de obra, horas máquina, materiales, insumos, etc., por consiguiente solamente se mostrarán las estimaciones del número de horas de trabajo o la cantidad de kilos de producto pérdidas por cada síntoma, las cuales fueron la base para estimar los costos. Además por la falta de información histórica se tuvo que tomar datos y realizar levantamiento de información correspondiente al año 2000, por ser un año en donde toda la información necesitada se encuentra disponible y en forma clara.

- **Trefilado**

En el proceso de trefilado, para estimar el tiempo de paros de máquinas se tomaron en cuenta las horas pérdidas por inconvenientes en el proceso y por problemas de mantenimiento, en el primer caso, por no disponer de información histórica, se uso una hoja de estudio para cada máquina, la cual ayudó a determinar la frecuencia y tiempo perdido cuando se producían roturas de hebra, cambio de

serie de hileras, roturas en el trancalazo<sup>14</sup>, y por razones de la soldadora; la hoja de estudio y los resultados arrojados se muestran en los apéndices A y B . En cambio que para estimar las horas de paro por mantenimiento se revisaron las órdenes de mantenimiento emitidas y cerradas en todo el año 2000, o sea, se esta considerado el tiempo desde que se paró la máquina hasta que el departamento de mantenimiento la reparó y entrego de nuevo a producción.

Para estimar las pérdidas por bajo rendimiento se consideraron las eficiencias con las que trabajaron las máquinas durante el año 2000 y se las comparó con las eficiencias esperadas o teóricas que maneja la empresa para realizar todos los cálculos. En cambio que para estimar los costos por exceso de material en proceso, se uso la estimación teórica de stocks usando el sistema informático de la empresa, para determinar la cantidad de kilos de alambre en cada mes que no se utilizaron en el mismo. Por último, el costo del desperdicio se calculó en base al dato histórico de la cantidad de kilos de producto de desperdicio

---

<sup>14</sup> Trancalazo.- Dispositivo colocado al inicio de la máquina cuya función es evitar que los nudos producidos en la hebra del alambón ingresen a la máquina.

en el año 2000. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos y usados en los cálculos de los costos de los síntomas.

TABLA XVII  
VALORES APLICADOS EN EL CÁLCULO DEL COSTO DE LOS SÍNTOMAS  
DEL PROCESO DE TREFILADO

Año 2000	Máquinas		
Síntomas	M-1	K-5 / K-6	M-10
Horas de paro en proceso (h)	14	128	15
Horas de paro por mantenimiento (h)	109	981	42
<b>Total horas de paro (h)</b>	123	1,109	57
Variación de eficiencias (%) <sup>15</sup>	- 5.61%	+ 5.31% / - 1.06%	- 15.9%
Exceso de Material en proceso (kg)	500	3,000	2,000
Desperdicio (kg)	1,514	16,614	358

- **Formado de Clavo**

En este proceso, para estimar los paros de máquinas se tomaron en cuenta los factores de paro por inasistencia del

<sup>15</sup> El valor negativo significa que la eficiencia real fue menor a la esperada.

montacargas y por mantenimiento siendo estos los más representativos. En cambio que el desperdicio se determinó en base a datos obtenidos el año 2000, por ser los más recientes y actualizados. El sobrestock de producto final se estimó con base a datos obtenidos, en el sistema de información de la empresa, en el año 2000 y los reclamos de calidad interno, por no existir datos históricos, se uso la estimación en base al criterio del jefe de producción. En la tabla XVIII se muestran los valores correspondientes a cada síntoma.

TABLA XVIII  
VALORES APLICADOS EN EL CÁLCULO DEL COSTO DE LOS SÍNTOMAS  
DEL PROCESO DE FORMADO DE CLAVO

Año 2000	Paros de Máquinas (h)		Acumulación desperdicio (kg)	Sobrestock de producto final (kg)	Reprocesos internos (kg)
	Proceso de Formado de Clavo	Por Montacar gas	Por manteni miento	14,444	38,749
	86	5916			

- **Pulición y Embalaje**

En el proceso de pulición y embalaje, los datos obtenidos para determinar el paro de máquinas fueron tomados de los tiempos que demoraron en ejecutarse las órdenes de mantenimiento asignadas a esa área, ya que es la razón más representativa de causa de paros. El embalaje de clavos mezclados o defectuosos se lo estimo en base al criterio del jefe de producción, ya que no existían datos históricos.

La acumulación de saldos de clavos se la determinó por el promedio de kilos de clavos que permanece en el área en los diferentes turnos y el deterioro de las cajas paletizadas se estimó, por falta de datos anteriores, en base al criterio del jefe de bodega. En la siguiente tabla se muestran los valores tomados en cuenta en el cálculo del costo de los síntomas mencionados anteriormente.

TABLA XIX

VALORES APLICADOS EN EL CÁLCULO DEL COSTO DE LOS SÍNTOMAS  
DEL PROCESO DE PULICIÓN Y EMBALAJE

<b>Año 2000</b>	<b>Paro de máquinas (h)</b>	<b>Embalaje de clavos mezclados o defectuosos (kg)</b>	<b>Acumulación de saldos de clavos de diferentes medidas (kg)</b>	<b>Deterioro de cajas de clavos paletizadas (kg)</b>
Proceso de Pulición y Embalaje	288	1,600	375	1,600

Aplicados estos valores de horas y kilogramos a los componentes de los costos de cada síntoma, se obtuvieron los valores mostrados a continuación en porcentajes con respecto al total de costos incurridos.

TABLA XX  
COSTOS DE LOS SÍNTOMAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS (AÑO 2000), EXPRESADOS EN PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL

	<b>SÍNTOMA</b>	<b>COSTO (%)</b>
Trefilado	Paro de Máquinas	36,75%
	Bajo Rendimiento de las máquinas trefiladoras	10,36%

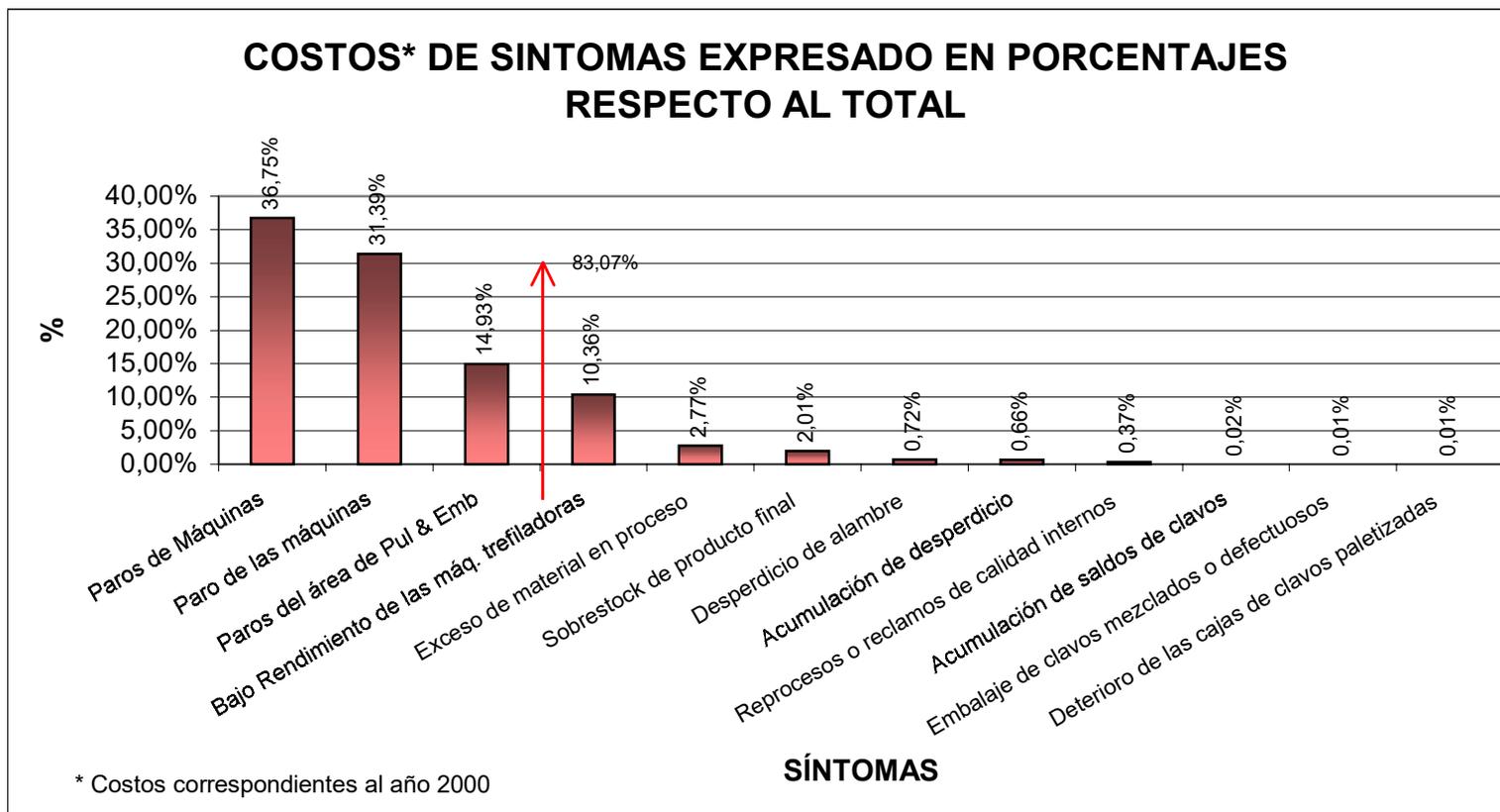
	SÍNTOMA	COSTO (%)
Trefilado	Exceso de material en proceso	2,77%
	Desperdicio de alambre	0,72%
Formado de Clavo	Paro de las máquinas	31,39%
	Acumulación de desperdicio	0,66%
	Sobrestock de producto final	2,01%
	Reprocesos o reclamos de calidad internos	0,37%
Pulición y Embalaje	Paros del área de Pulición y Embalaje	14,93%
	Embalaje de clavos mezclados o defectuosos	0,01%
Pulición y Embalaje	Acumulación de saldos de clavos de diferentes medidas	0,02%
	Deterioro de las cajas de clavos paletizadas	0,01%

El siguiente paso en el análisis es ordenar en forma descendente los valores obtenidos de los costos para así determinar el 80% más representativo e influyente en el total. Dicho ordenamiento se lo muestra en la figura 2.8, donde se expresa en barras los porcentajes respecto al total correspondientes a cada problema de los tres procesos de la línea de producción.

Como se puede observar en la figura 2.8, los síntomas más representativos lo constituyen los paros de máquinas de los tres procesos de la línea de producción, trefilado, formado de clavo y pulición y embalaje, los mismos que representan en 83.07% del total de costos, los demás síntomas representan apenas el 16.93%. Por ejemplo el problema del deterioro de las cajas de clavos paletizadas y el embalaje de clavos mezclados o defectuosos sólo representan apenas un 0.01% de los costos totales respectivamente.

De esta manera podremos enfocar los esfuerzos del estudio y análisis posteriores en mejorar de manera especial las causas que producen los paros de máquinas, y descartar

los otros problemas que no son representativos, pero que sin embargo una vez solucionados los principales serán remplazados por los subsiguientes que constituyen el resto del porcentaje no considerado en este estudio.



**FIGURA 2.8** Estimación de los costos de los síntomas de la línea de producción expresados en porcentaje

## **CAPÍTULO 3**

### **3. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LOS PAROS DE MÁQUINAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS**

Quando se efectúa un estudio para la mejora de un proceso productivo, se deben conocer detalles físicos y operacionales de las instalaciones y los métodos de trabajo utilizados, para la realización de los análisis búsqueda de soluciones. Por este motivo, y una vez identificados los problemas más costosos de la línea de producción de clavos negros, en este capítulo se formulan hipótesis y se analizan todos los aspectos que pueden afectar o causar la incidencia de los paros de máquinas de los procesos de la línea de producción, para finalizar con la comprobación de las hipótesis y la identificación de las fortalezas y debilidades.

### **3.1. Planteamiento de hipótesis referentes a los paros de máquinas de la línea de producción**

En este literal se analizarán los motivos de los paros de máquinas con el fin de identificar las variables dependientes e independientes y llegar al planteamiento de una hipótesis que ayudará a demostrar si la causa anotada, es en verdad la que se debe mejorar, o en su defecto encontrar nuevas causas. En la tabla XX se muestran los síntomas, causas, variables e hipótesis de los paros de máquinas del proceso de trefilación.

En los literales posteriores de este capítulo se realizará un diagnóstico y análisis de los diferentes aspectos, pertenecientes a la línea de producción, que están implicados en las hipótesis planteadas; al final dichos análisis servirán de bases para elaborar las comprobaciones de las mencionadas hipótesis.

Adicionalmente en las tablas XXII y XXIII se muestran los síntomas, causas, variables e hipótesis de los problemas causantes de los paros de máquinas de los procesos de formado de clavo y pulición y embalaje respectivamente.

TABLA XXI  
 PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS PARA LOS SÍNTOMAS DE PAROS DE MÁQUINAS DEL  
 PROCESO DE TREFILADO

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Hileras <sup>1</sup> fuera de medida o en mal estado (rayadas, ovaladas)	Poca supervisión de la máquina por parte del operador.	La poca supervisión del operador a la máquina causa los paros de la misma.	Análisis del sistema de control en proceso que se usa en la línea.	Hileras fuera de medida o en mal estado.	Supervisión de la máquina por parte del operador.

<sup>1</sup> Hileras.- Dispositivo de acero con una incrustación central en aleación dura de carburo en forma de embudo, a través de la que se hace pasar el alambre para reducir su diámetro.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Desconocimiento o mal uso del micrómetro. Desconocimiento o mal uso de jabón lubricante.	Falta de capacitación o actualización de conocimientos a los operadores.	La poca capacitación o actualización de conocimientos a los operadores causa los paros de máquina.	Análisis de capacitaciones recibidas por los operadores del área de trefilado. Medición de niveles de conocimientos sobre uso del micrómetro y del jabón lubricante.	Desconocimiento o mal uso del micrómetro y jabón lubricante.	Nivel de capacitación de los operadores de la línea.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Rotura de alambre en los pasos <sup>2</sup> de trefilado y el recogedor.	Mala calidad de la materia prima Desperfecto en soldadora.	La mala calidad de la materia prima y los desperfectos en la soldadora causan que se paren las máquinas.	Análisis del tiempo perdido por causa de roturas de hebras. Análisis de la calidad de la materia prima. Análisis del estado de las soldadoras de las máquinas.	Roturas de hebras en bobinas y recogedor.	Calidad de materia prima Estado de las soldadoras.

<sup>2</sup> Paso.- Denominación dada al conjunto bobina, poleas y jabonera

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Falta de alambrón o Alambre trefilado para alimentación a las máquinas.	Mala planificación o gestión del departamento de Comercio Exterior Retraso en la importación del Alambrón.	La planificación del departamento de comercio exterior y la demanda del mercado son causas de paros de máquinas.	Análisis del procedimiento de compra e importación del alambrón.	Falta de alambrón o alambre para alimentar a las máquinas.	Gestión de compra e importación del alambrón del departamento de comercio exterior.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Falta de Alambres o Alambre trefilado para alimentación a las máquinas.	Falta de demanda del mercado y por ende, la planta no necesita que le envíen alambres. Asistencia inadecuada del montacargas.	Los retrasos en las importaciones y la inasistencia del montacargas son causas de los paros de máquinas.	Análisis de la dependencia de montacargas por parte de las máquinas.	Falta de alambres o alambre para alimentar a las máquinas.	Demanda del mercado Asistencia del montacargas.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de máquinas.	Daños en máquinas no reparados en el menor tiempo.	Falta de stocks de repuestos de las máquinas.	La falta de repuestos causa que se paren las máquinas.	Análisis de la política de compra de stocks de repuestos.	Daños en las máquinas.	Stocks de repuestos.
Paros de máquinas.	Falta de Spiders <sup>3</sup> .	Escasez de spiders en la planta.	La escasez de spiders causa que se paren las máquinas.	Análisis del número de spider en planta y la necesidad de los mismos.	Falta de spiders.	Número de spiders en planta.

<sup>3</sup> Spider.- Cuerpo cilíndrico, fabricado de tubos, en el cual se enrolla el alambre para poder transportarlo y almacenarlo.

TABLA XXII  
 PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS PARA LOS SÍNTOMAS DE PAROS DE MÁQUINAS DEL  
 PROCESO DE FORMADO DE CLAVO

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de Máquinas	Falta de alambre.	Falta de materia prima (alambre trefilado). Falta de montacargas para cargar la máquina.	La falta de alambre trefilado, y la falta de asistencia del montacargas causan paros de máquinas.	Análisis de capacidades de máquinas trefiladoras. Análisis del tiempo de paros de máquinas por montacargas.	Falta de alambre.	Falta de materia prima Asistencia inadecuada del montacargas.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de Máquinas	Paro por daño mecánico.	Falta de piezas de repuesto. Mala calibración de operadores.	La falta de repuestos y la mala calibración de las máquinas por parte de los operadores, causa paros de máquinas.	Análisis de stocks de repuestos de máquinas claveras. Análisis de cantidad de daños en máquinas causados por mala calibración.	Paros por daños mecánicos.	Stocks de repuestos Calibración de máquinas.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de Máquinas	Maquina no programa da para producir.	Presencia de solo un operador en el turno.	La falta de un operador en el turno causa que se paren máquinas.	Número de operadores de clavería pro turno Análisis de la necesidad de otro operador.	Máquina no programada.	Número de operadores.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros de Máquinas	Artesa <sup>4</sup> llena en capacidad	Falta de montacargas para retirar la artesa llena y colocar una vacía.	La inasistencia inadecuada del montacargas causa que se pare la máquina.	Análisis de necesidad de montacargas. Análisis del tiempo de paros de máquinas por montacargas.	Artesa llena de clavos.	Asistencia inadecuada del montacargas.

<sup>4</sup> Artesa.- Recipiente rectangular usado para almacenar y transportar los clavos, de aproximadamente 400 Kg de capacidad

TABLA XXIII  
 PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS PARA LOS SÍNTOMAS DE PAROS DE MÁQUINAS DEL  
 PROCESO DE PULICIÓN Y EMBALAJE

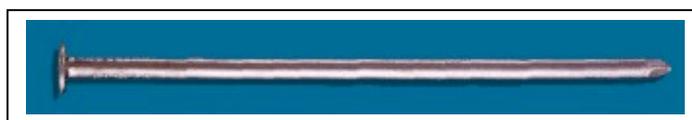
Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros del área de Pulición y Embalaje	Falta de Clavos para pulir y embalar.	Paro del área de Formado de Clavo.	Los paros del área de formado de clavo causan que se pare el área de pulición y embalaje.	Balanceo de los procesos de formado de clavos y pulición y embalaje.	Falta de clavos para pulir.	Paros del área de formado de clavos.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros del área de Pulición y Embalaje	Daño del Tecele de área.	Mal uso por parte de los operadores. Defectos en la riel guía.	El inadecuado manejo del tecele del área y el mal estado de la riel guía causan que se pare el área.	Evaluación a los operadores del manejo del tecele. Análisis del estado actual de la riel guía.	Daños del tecele.	Mal manejo de los operadores. Estado de la riel guía.

Síntoma	Causa (Primer Nivel)	Causa (Segundo Nivel)	Hipótesis	Vía de comprobación	Variable dependiente	Variable independiente
Paros del área de Pulición y Embalaje	Daño de la banda transportad ora de la máquina embaladora	Banda en mal estado. Sobrepeso en la banda.	El mal estado de la banda transportadora o el sobrepeso con que ella trabaja causa que se produzcan paros del área.	Análisis del estado de la banda. Revisión de órdenes de mantenimiento asignadas a la banda. Revisión de capacidad de transporte de la banda.	Daño en la banda transportadora	Estado de la banda transportadora. Peso llevado en la banda transportadora.

### 3.2. Definición y descripción del Producto

En la línea de producción objeto de estudio se trefila<sup>5</sup>, forma, pule y embalan clavos de diferentes largos y diámetros usados principalmente en las áreas de ferretería, carpintería y construcción. Se define al Clavo como una pieza de hierro larga y delgada, con cabeza y punta, que sirve para fijarla en alguna parte, o para asegurar una cosa a otra<sup>6</sup>, figura 3.1 y ha llegado a constituirse en un material imprescindible de la vida cotidiana.



**Figura 3.1** Clavo de cabeza plana

El tipo de clavo que se fabrica es de cabeza reforzada, especificados en la Norma INEN<sup>7</sup> 611 1981-05, (ver apéndice C), cuya materia prima es el alambre de acero previamente trefilado a diferentes diámetros, dependiendo del largo del clavo que se desee, este alambre se lo procesa en la máquina formadora de

---

<sup>5</sup>Trefilar.- Es una conformación en frío que se realiza por tracción de un cilindro macizo (alambrón) a través de una abertura de sección decreciente, en forma de embudo, denominada “dado de trefilación” o “hilera”.

<sup>6</sup> Tomado del Diccionario Enciclopédico Ilustrado Océano Uno, editorial Océano, edición 1990.

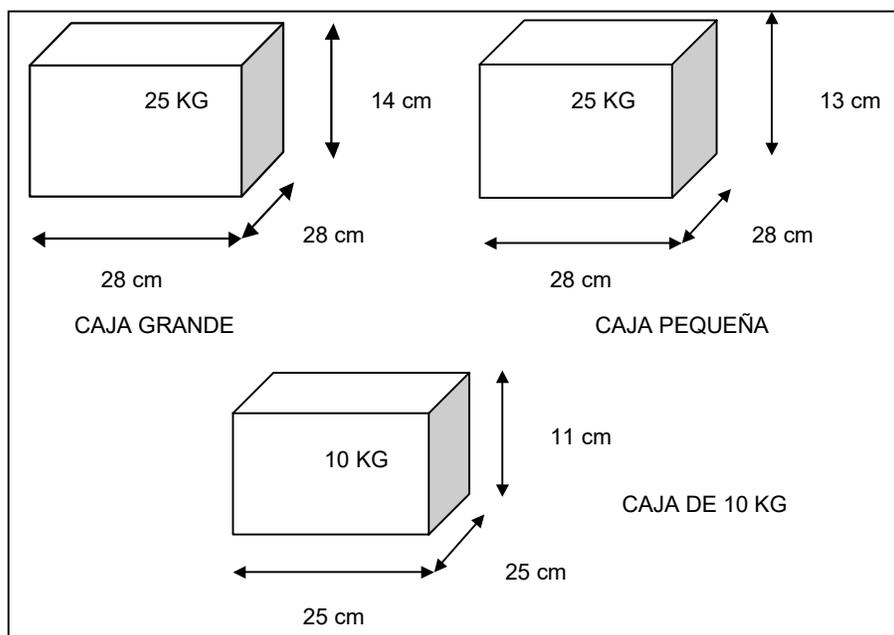
clavo de donde posteriormente pasa por un proceso de pulición para limpiar toda su superficie y evitar la pronta corrosión de los clavos y finalmente se los embala en cajas de cartón para su almacenamiento y distribución. En el mercado, los clavos se comercializan en unidades de peso, por ese motivo la empresa pone a disposición del consumidor presentaciones de 25 kg y 10 kg de las diferentes medidas fabricadas, entre ellas las más comunes se las pueden observar en el apéndice D.

Si existe algún pedido que lo justifique, se pueden producir clavos en otras medidas dependiendo de las capacidades y características de las máquinas. En varios países del mundo se usa la norma Birmingham Wire Gauge (BWG) para identificar los diámetros de un alambre, la misma que se la puede apreciar en el apéndice E. Esta norma es usada en nuestro medio para identificar los diámetros usados en la fabricación de los clavos, siendo el largo de los mismos expresados en pulgadas, así por ejemplo, el clavo 2 ½"x10 se refiere a un clavo de dos pulgadas y media hecho con un alambre de 3.40 mm de diámetro. De esta manera es como se identifican y comercializan los clavos en el mercado.

---

<sup>7</sup> INEN.- Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Las cajas de cartón, de la presentación de 25 kilogramos tienen dos diferentes dimensiones, figura 3.2, debido a la variación del volumen ocupado por una misma cantidad de kilos de clavo pero de diferente medida. En principio ambas miden 28 centímetros de largo y ancho pero en cambio las cajas pequeñas, para clavos de hasta dos y media pulgadas tienen 13 centímetros de alto, en cambio que las cajas grandes para los clavos de tres pulgadas en adelante tienen 14 centímetros de alto. Las cajas de la presentación de 10 kilogramos tienen una sola dimensión sin importar el tipo de clavo, 25 centímetros de largo y ancho por 11 centímetros de alto.



**Figura 3.2** Dimensiones de las cajas de embalaje de clavos

En nuestro país el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en su norma INEN 612 1981-07 dicta las especificaciones que deben tener los clavos que se fabrican en el país, las cuales se encuentran resumidas y pueden ser observadas en el apéndice F.

No todas las variedades de clavos tienen los mismos índices de producción, en la tabla XXIII, se pueden observar las cantidades producidas de cada tipo de clavo. Para esto se consultaron los datos existentes en los archivos, siendo los más valederos por su claridad y orden los del año 2000.

TABLA XIV

## PRODUCCIÓN POR TIPO DE CLAVO DEL AÑO 2000

TIPO DE CLAVO	PRODUCCIÓN EN KILOS
CLAVO 2 1/2X10	1'559,700
CLAVO 2X12	1'017,255
CLAVO 3X9	605,595
CLAVO 4X6	309,065
CLAVO 1 1/2X14	208,090
CLAVO 1X16	73,075
CLAVO 3 1/2X8	8,970
CLAVO 2X14	6,030

Podemos observar que el clavo 2 ½" x 10 fue el que tuvo la mayor demanda representando el 41% de la producción total de clavos en un año con 1,559 toneladas producidas. En segundo lugar está el clavo 2 x 12 representando aproximadamente la cuarta parte de la producción total de clavos de la planta en un año con 1,017 toneladas. Después se tiene el clavo 3 x 9 representando el 16% de la producción total y al clavo 4 x 6 con el 8% de la producción total. El clavo menos producido fue el 2 x 14 el cual solamente representó el 0.16% de la producción total del año 2000.

### **3.3. Descripción del proceso de la línea de producción**

Tal como se mencionó en el capítulo 2, la línea de producción de clavos negros es la más importante de la planta, constituyendo en kilos, la cuarta parte de la producción total de la misma en un año.

La línea de producción posee una Distribución por Proceso o también llamada por Función; para este tipo de arreglo todas las operaciones o procesos del mismo tipo se realizan en la misma zona. Las máquinas parecidas y las operaciones de ensamble similares se agrupan, esto es, el material pasa a través de los departamentos o de las áreas de procesos. Esta distribución tiene algunas ventajas, entre ellas:

- Adaptabilidad a una gran variedad de productos y a los cambios en la secuencia de la operación
- Adaptabilidad a la demandas variables.
- Facilidad de mantener la continuidad de la producción cuando se descomponen maquinarias o equipos, cuando falta mano de obra o cuando hay escasez de materiales.
- Mejor utilización de las maquinarias.

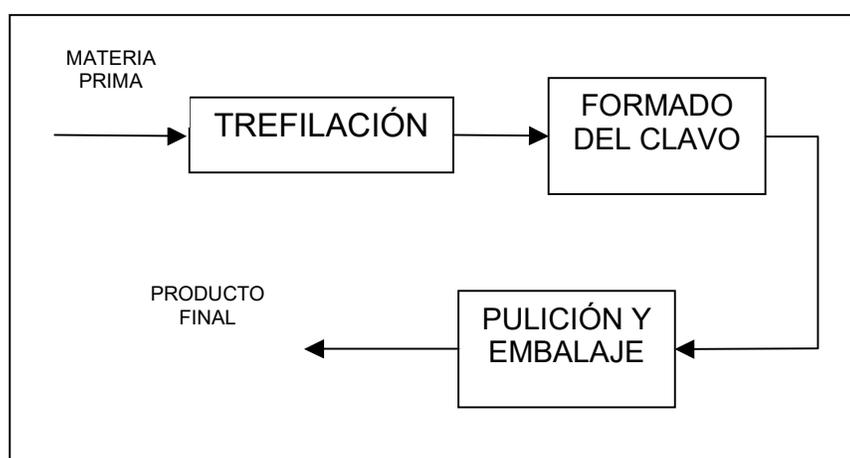
Sin embargo teniendo este tipo de distribución los costos de trasladar la maquinaria, llegado el caso, son muy elevados y constituyen una operación muy complicada, además que se tienen grandes variaciones en los tiempos requeridos para las diferentes operaciones.

La fabricación de clavos negros consta de tres procesos principales, el trefilado, formado del clavo y por último pulición y embalaje, figura 3.3 El proceso comienza desde la materia prima que es el alambón<sup>8</sup>, el cual se lo trefila para reducir su diámetro hasta las medidas que dicta la norma BWG según el largo del clavo que se quiera fabricar. Ya trefilado el alambre es

---

<sup>8</sup>Alambón.- Es el producto de sección maciza, laminado en caliente, apto para transformarse en alambre por trefilado o laminado en frío, de diámetro no inferior a 4.50 mm, presentado en rollos.

transportado por medio de spiders<sup>9</sup> hacia las máquinas claveras, las cuales se encargan de cortar el alambre, formar la cabeza del clavo y la punta. Se tienen 24 máquinas claveras de diferentes capacidades dependiendo del tipo de clavo que se desee fabricar en lo que respecta a su largo y diámetro.



**FIGURA 3.3** Procesos de la línea de Clavos Negros

El clavo picado se deposita en unas cubetas grandes llamadas artesas por medio de las cuales se transporta y almacena el clavo en el área de pulición; posteriormente el clavo es vaciado a unos bombos de metal, en donde junto con aserrín, se los somete a un movimiento centrifugar y aspirado para obtener su limpieza

---

<sup>9</sup> Spider.- Cuerpo cilíndrico formado por tubos el cual sirve de transporte y almacenamiento del alambre que sale de una máquina trefiladora.

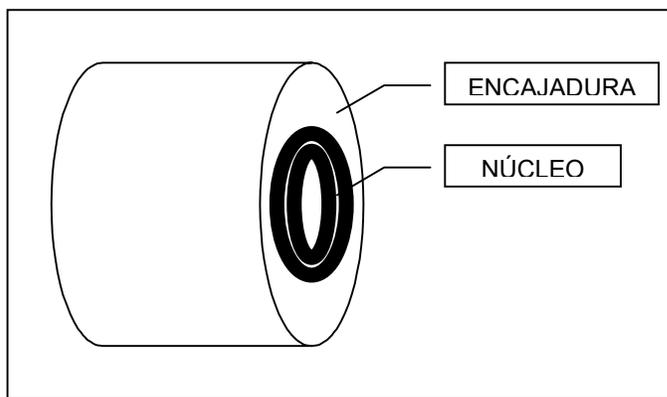
completa. Finalmente, el clavo ya pulido se lo coloca en la máquina embaladora, donde se empacan en las cajas de cartón, las cuales son ordenadas en pallets para su transporte a bodega.

### **3.3.1 Descripción del área de Trefilación**

El proceso de trefilación es el primero de la línea de Clavos Negros, el cual consiste en el estiramiento en frío del alambrón para reducir su diámetro a una medida deseable. La reducción del diámetro implica la reducción de la sección y por consiguiente se produce un aumento de la longitud; también se consigue variar las propiedades del alambre ya que al extender la estructura celular se producen presiones, por las cuales aumentan considerablemente la pegajosidad, dureza, fragilidad, elasticidad, etc.

El estiramiento se hace por intermedio de una hilera, la cual consiste en un cuerpo cilíndrico con un agujero en el centro por donde pasa el alambre, figura 3.4, la cual está formada por un núcleo y una encajadura. El núcleo está construido con un material especial que debe ser resistente al desgaste y al calor, ya que en el proceso de trefilación, por el alto movimiento molecular se genera gran cantidad de

energía calorífica.



**FIGURA 3.4** Esquema de una hilera de trefilación

En la planta se utilizan diferentes tipos de alambrones, figura 3.5, el alambroón se lo puede definir como un producto laminado en caliente, de sección circular maciza, de diámetro no inferior a 4.5 mm y presentado en rollos, el mismo que constituye la materia prima no solamente de la línea de clavos negros, sino de toda la planta. Estos varían de acuerdo al diámetro y cantidad de carbono que tienen en su composición, su uso depende del producto final que se quiera obtener. Para el caso de la línea de clavos negros se utilizan alambrones de 5.5 mm. hasta 7.00 mm. de diámetro y desde composiciones con 0.08% de carbono hasta 0.1% de carbono.



**FIGURA 3.5** Foto de alambre usado como materia prima en el proceso de fabricación de clavos negros

Estos alambres son recibidos y almacenados en lugares predestinados dentro de la planta y una vez que se encuentra en las áreas de trefilación, el operador los coloca en las cañoneras mediante un puente grúa; las cañoneras consisten en un tubo cilíndrico de 30 centímetros de diámetro y 4 metros de largo aproximadamente colocado en forma horizontal, apoyado en una estructura metálica, en donde descansa el alambre previa su trefilación.

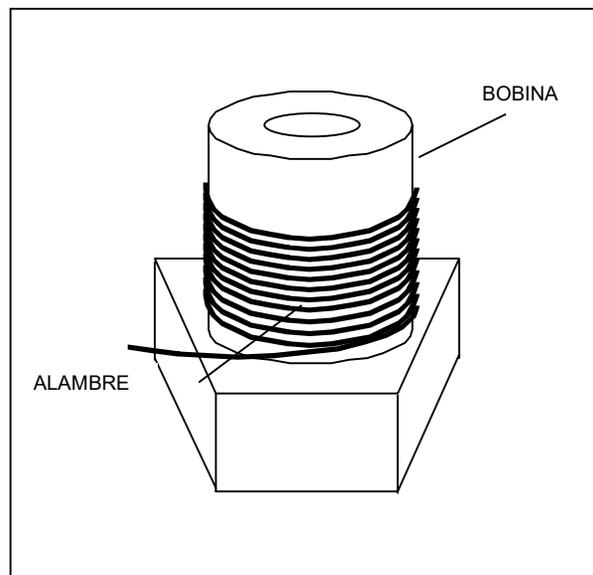
Luego el operador procede a cortar las amarras del alambre y recoger la punta, la cual es llevada hacia un mecanismo de rodillos llamado Decalaminador, el cual está ubicado en el inicio de las máquinas trefiladoras, este

decalaminador consiste en una serie de rodillos colocados en sentido vertical y horizontal, cuya función es plegar el alambrón para descamar la capa de óxido frágil que se forma en la superficie por efectos de la corrosión. Al eliminar esta capa se evita que el óxido penetre en la superficie del alambre, manteniendo así la calidad del alambrón, se prolonga la vida útil de las hileras, se evitan pérdidas de tiempo por roturas de hebras, además de ser un método económico y ecológico.

Las máquinas trefiladoras están constituidas básicamente por el Decalaminador, ya anteriormente explicado, bloques de bobinas y recogedor. Los bloques de bobinas están constituidos por una bobina, en donde se enrolla el alambre, figura 3.6; por una jabonera, en donde se deposita el jabón lubricante y circula el alambre, y por un portahileras (ver apéndice G), el cual se encuentra inmediatamente después de la jabonera, y es donde descansa la hilera.

En el portahileras recircula agua el cual constituye el único medio refrigerante de la hilera. Al final de la máquina tenemos el recogedor (ver apéndice H), el cual consiste en

una bobina colocada en forma horizontal en donde se alinea y calma el alambre para darle la curvatura deseada, así este se acomodará de la mejor manera en los spiders para su almacenamiento y transporte. Las máquinas trefiladoras pueden llegar a constituirse estructuras de varios metros de largo formadas por varios bloques, en las cuales se va reduciendo el diámetro del alambre de acuerdo a unos rangos establecidos por cálculos.



**FIGURA 3.6** Esquema de una bobina en donde se enrolla el alambre

El operador encargado de trefilar debe recoger la serie de hileras que valla a utilizar de acuerdo a la máquina y

diámetro de alambre a fabricar. El alambre circula primero por el jabón el cual se adhiere a su superficie antes de pasar por la hilera.

La punta del alambrón, después del decalaminador, es pasada por la primera jabonera y por la primera hilera, una vez que se tiene la bobina con alambre se recoge otra vez la punta para que pueda pasar por la siguiente hilera. Este procedimiento se repite tantas veces como bobinas se vayan a usar en el proceso de trefilación, ya que por cada bobina existe una jabonera y un portahileras. Existen máquinas con dos, cinco, seis, nueve y diez bobinas, el uso de las bobinas depende de las reducciones que se necesiten para obtener el diámetro deseado partiendo del alambrón que se tenga.

Una vez que se ha llenado la última bobina, la punta del alambre, la cual ya tiene el diámetro deseado, es llevada hacia el final de la máquina donde se encuentra un recogedor (ver apéndice H) y pasa por una serie de rodillos que cumplen la función de alinear el alambre y calmarlo. Se alinea el alambre para que se tome forma circular y se lo

calma para que su estructura molecular se mantenga en dicha forma circular. El operador debe constatar la correcta alineación del alambre cortando y chequeando varias hebras y ajustando la presión de los rodillos alineadores.

Una vez alineado el alambre se coloca a la salida del recogedor un spider, el cual debe tener aproximadamente el mismo diámetro que la bobina del recogedor, en donde caen las hebras circulares de alambre trefilado. Una vez lleno el spider es retirado por medio de montacargas y pesado para el respectivo ingreso del producto a inventario. Confirmado el peso, el spider es llevado por el mismo montacargas hacia el lugar de almacenamiento destinado, el cual esta cerca del área donde va a ser utilizado, para el caso de la línea objeto de estudio, el spider es llevado hacia el área de formado de clavos. El operador trae otro spider hacia el recogedor y lo coloca para ser nuevamente llenado por la máquina. Este proceso se repite tantas veces como se llenen spiders.

Si un alambre de cualquier bobina o del recogedor se encuentra fuera de las especificaciones de tolerancia para

diámetros de alambres trefilados, (ver apéndice I), se debe proceder al cambio de la hilera fuera de medida. Se corta la hebra, se retira la hilera defectuosa y se la reemplaza por una nueva, se suelda la hebra y se continúa con el proceso de trefilado.

Las máquinas trefiladoras cuentan con un sistema de sensores de rotura de hebra, los cuales hacen parar la máquina cuando se ha producido un arranque, momento en el cual el operador procede a soldar las puntas de la hebra. En la figura 3.7, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de trefilado, los diagramas completos de los procesos de calibración de cada máquina se presentan en el literal 3.6 de este capítulo llamado Estudio de Tiempos.

- **Materia Prima**

Como ya se mencionó, la materia prima utilizada en el proceso de trefilación es el alambrón, el cual viene en rollos que tienen 1900 kg. aproximadamente de peso promedio, miden 1.1 metros de diámetro por 1.6 metros de largo. El proveedor garantiza un producto libre de imperfecciones que afecten el proceso de trefilación, apto para ser

descascarillado mecánicamente 5 a 10 g de cascarilla por Kg de alambón.



**FIGURA 3.7** Diagrama de operaciones del proceso de trefilado

El almacenamiento de los alambones se lo hace en varios lugares previamente definidos en la planta, no existe un

único lugar destinado ha ser bodega de materia prima. Se manipulan usando montacargas o puentes grúa debido a su peso.

- **Maquinaria**

Para la línea de clavos negros se encuentran destinadas 4 máquinas trefiladoras, las mismas que proveen a la línea, o a otras líneas de producto final de la planta si se las llegasen a necesitar. Cada máquina por diseño y capacidad tiene un rango de trefilación de alambres en lo que respecta al diámetro, en la tabla XXV se muestra los diámetros que se producen en cada máquina además de sus capacidades de producción en kilos.

Cada máquina trefiladora tiene asignada una soldadora de alambre, la cual está compuesta por la soldadora, esmeril, sacapunta, cortadora y una estructura con ruedas para poder movilizarla por todo lo largo de las máquinas, esta soldadora se utiliza principalmente cuando se ha producido una rotura del alambre o cuando se esta calibrando la máquina al cambiar la serie de hileras.

TABLA XXV  
 DIÁMETROS PRODUCIDOS Y CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE LAS  
 MÁQUINAS TREFILADORAS

Máquina	Rango de Diámetros (en mm)	Capacidad <sup>10</sup> (metros lineales por minuto)	Capacidad <sup>11</sup> (kilos por hora)
K – 5	$2.77 < \phi < 3.76$	272	628
K – 6	$2.11 < \phi < 3.76$	365	694
M – 10	1.65	567	331
M – 1	5.16	192	778

Cuando se necesitan soldar dos puntas de alambre, el operador procede a transportar la soldadora hacia el lugar donde se encuentran las dos puntas y procede a cortarlas, después las define usando el esmeril y posteriormente las coloca en los electrodos que por medio de tensión eléctrica suelda automáticamente las puntas, la soldadura es pulida nuevamente usando el esmeril. En el caso de cambio de

<sup>10</sup> La capacidad (metros lineales por minuto) es teórica, no aplicado el rendimiento.

<sup>11</sup> Los kilogramos por hora varían de acuerdo al diámetro del alambre que se este fabricando. Al valor de kilogramos por hora ya se le ha aplicado el porcentaje de rendimiento.

hileras, el procedimiento es el mismo, adicionalmente debiendo usar el sacapunta para reducir el diámetro del alambre para que pueda pasar por la hilera.

- **Manipuleo y Almacenamiento**

Como se mencionó anteriormente, el alambrón es trasladado hacia las máquinas trefiladoras usando montacargas o puentes grúas, así mismo el alambre trefilado que sale de las máquinas es recogido en los spiders y estos son transportados exclusivamente usando montacargas hacia su lugar de almacenamiento, que en este caso lo constituye los alrededores del área de formado de clavo donde se encuentran las máquinas claveras.

Los spiders tienen una capacidad de almacenaje de alambre que depende de su tamaño, así se tienen spiders que almacenan desde 700 kg hasta 1000 kg de alambre trefilado. En la siguiente tabla se nombran los distintos puentes grúas, tecles y montacargas con que cuenta el área de trefilado para el manipuleo del material y la frecuencia con las que se los usan.

TABLA XXVI  
EQUIPOS PARA EL MANIPULEO DE MATERIALES DEL ÁREA DE  
TREFILADO

Descripción	Marca	Capacidad	Ubicación o Asignación
Montacargas	Caterpillar	3800 Kg	Alambrón
Montacargas	Toyota	3000 Kg	Planta
Montacargas	Caterpillar	3000 Kg	Planta
Tecle	Demag	3000 Kg	Trefiladora M – 1
Puente Grúa	Demag	3500 Kg	Cañoneras de máq. Trefiladoras M - 1 / M - 10

El montacargas es manejado por una persona denominada montacarguista en cada turno, la misma que esta preparada y entrenada para el manejo de esta clase de equipo. En cambio que el tecle y el puente grúa son operados por el mismo personal de operadores de las máquinas.

- **Personal de Operadores**

Para las máquinas del área de trefilación se encuentran asignadas diez personas en total, repartidas en cuatro grupos de trabajo, asegurando que en cada turno haya una persona operadora de las máquinas, esto se lo demuestra

en la siguiente tabla en donde se detalla el personal que sabe el manejo de cada máquina trefiladora.

TABLA XXVII  
DESCRIPCIÓN DEL PERSONAL CON CONOCIMIENTO EN EL MANEJO  
DE LAS MÁQUINAS TREFILADORAS

Máquina	Numero de operadores con conocimiento para operar esa máquina	Grupo de trabajo
M - 1	10	1 - 2 - 3 - 4
M - 10	4	1 - 2 - 3 - 4
K - 5	9	1 - 2 - 3 - 4
K - 6	9	1 - 2 - 3 - 4

De la tabla anteriormente expuesta se puede apreciar que casi no existe una especial asignación de operadores a cada máquina trefiladora, de esta manera un operador de esta área, llamado trefilador, puede operar con facilidad la gran mayoría de máquinas.

### 3.3.2 Descripción del Área de Clavería

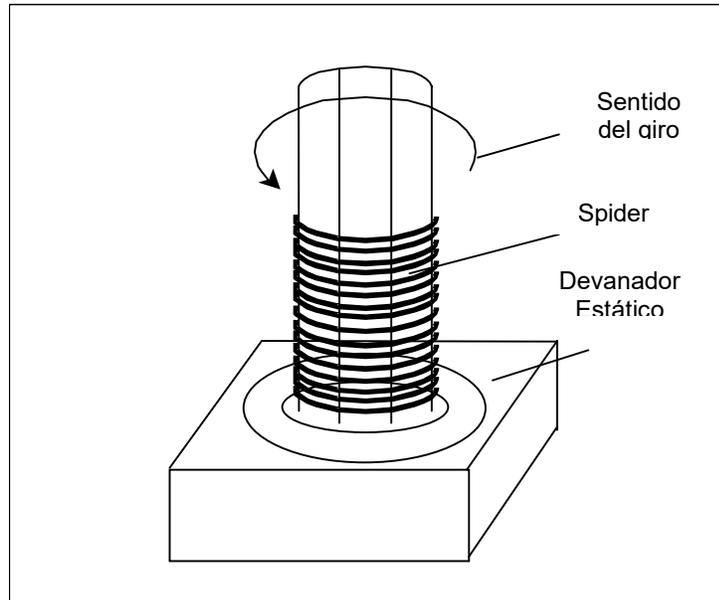
En el área de clavería se da el proceso de formado del clavo, el cual es el segundo de la línea de clavos negros,

consistiendo en el formado de una cabeza y una punta en un segmento de alambre.

Los spiders con alambre que salen de las máquinas trefiladoras son transportados hacia el área de clavería en donde se encuentran ubicadas las máquinas claveras. El montacargas se encarga de colocar en el devanador estático, correspondiente a una máquina, el spider con el alambre a usar dependiendo del tipo de clavo que se valla a fabricar. El devanador estático consiste en una base cuadrada que posee en la parte superior un disco giratorio en donde descansa el spider, alimentando así la máquina clavera con alambre (figura 3.10)

Una vez cargado el devanador estático el operador de clavería pasa el alambre por la máquina clavera, primeramente por unos rodillos que cumplen la función de enderezar el alambre que viene calmado desde la máquina trefiladora; posteriormente el alambre pasa por un sistema llamado cincel, el cual controla el avance del alambre en lo que respecta a la alimentación, así se gradúa la cantidad de pulgadas de alambre que se desea dando el largo del clavo

formado.



**FIGURA 3.8** Esquema de un devanador estático con el spider usado en clavería

El alambre que fue alimentado por el cincel pasa hacia las mordazas, estas son piezas en forma rectangular que tienen labrado un canal de la medida del alambre que se está usando y están colocadas en forma horizontal en el portamordazas, estas tienen la función de juntarse en el momento que pasa el alambre y lo sostienen para que el martillo realice un golpe formando la cabeza del clavo.

El martillo consiste en una pieza cilíndrica ubicada frente a

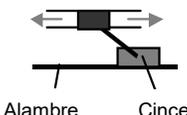
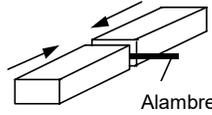
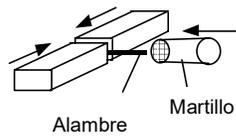
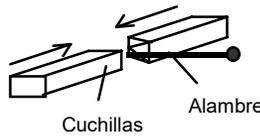
las mordazas y que tiene un movimiento de ir y venir, es el que forma la cabeza del clavo producto del golpe o impacto; es una pieza fundamental ya que define el tamaño y forma de la cabeza del clavo.

Una vez que el martillo ha dado su golpe y regresa a su posición de partida, deja el espacio libre para que entren a actuar el par de cuchillas. Las cuchillas son elementos en forma rectangular que tienen en sus extremos labrados con filo cortante, tienen la función de cortar el alambre y formar la punta del clavo.

Las cuchillas están sujetadas en dos carros portacuchillas los cuales tienen un movimiento lateral un poco más pronunciado que las mordazas debido a la inercia que deben tener para lograr el corte y formado de la punta del clavo, de esta manera el clavo cae y da paso al siguiente segmento de alambre que pasará por los mismos procesos haciendo que el trabajo de la máquina sea continuo.

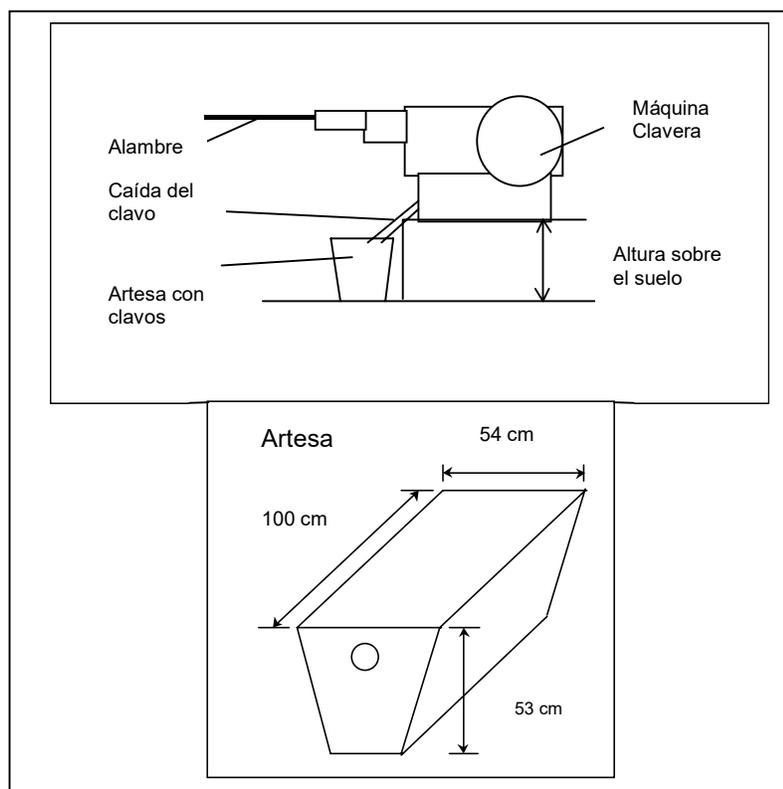
En la tabla XXVIII se explican los pasos en el formado del clavo.

TABLA XXVIII  
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE ACTÚAN EN EL PROCESO DE  
FORMADO DEL CLAVO

Elemento	Ubicación	Función	Esquema
Rodillos Enderezadores	Inicio de la máquina	Enderezar el alambre	
Cinzel	Inicio de la máquina	Controlar el avance del alambre	 Alambre      Cinzel
Mordazas	Porta- mordazas	Sostener el alambre para el golpe del martillo	 Alambre
Martillo	Centro de la máquina	Formar la cabeza del clavo	 Alambre      Martillo
Cuchillas	Porta- cuchillas	Formar la punta y cortarla	 Cuchillas      Alambre

Las máquinas claveras se encuentran ubicadas en un área que esta a 80 centímetros del nivel del suelo, debido a que los clavos son recogidos usando la gravedad. En la parte

inferior de cada máquina se usan artesas que son cubetas de metal de aproximadamente  $0.254 \text{ m}^3$  de capacidad, como se puede ver en la figura 3.9, estas artesas cumplen la función de almacenaje y transporte de los clavos.



**FIGURA 3.9** Esquema de artesa y maquina clavera

Cuando la artesa se encuentra llena de clavos, o el pedido ha sido completado, la máquina clavera tiene que apagarse para que el montacargas pueda mover el devanador

estático y retirar la artesa. El montacargas lleva la artesa hacia el lugar de almacenaje de artesas en el área de Pulición de clavos y lleva hacia la máquina una artesa vacía para que el operador la coloque nuevamente debajo de la máquina y una vez que el montacargas mueve el devanador estático a su posición correcta, la máquina puede encenderse y seguir produciendo llenando la siguiente artesa y repitiéndose los mismos pasos.

El operador debe ir chequeando cada máquina observando el clavo que sale de ella, para que de esa manera se percate si se necesita de alguna calibración o reemplazo de mordazas, cuchillas o cincel.

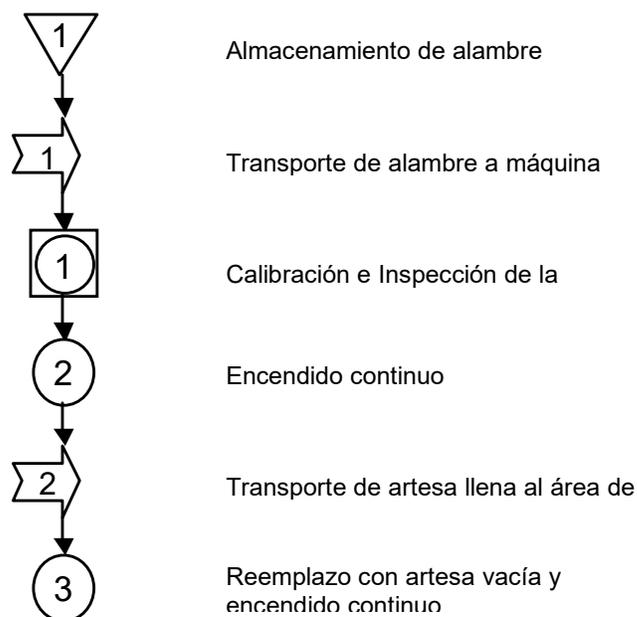
La periodicidad con la que se deben hacer los chequeos en línea no se encuentra definida o establecida por parte del departamento de producción. Como se mencionó anteriormente, para cada diámetro de clavo le corresponde un par de mordazas respectivos, para cada tipo de máquina le corresponde un par de cuchillas característico y no intercambiables.

Los pares de mordazas y cuchillas son reemplazados por los operadores en el momento que se lo necesite, no es posible determinar una patrón de tiempo fijo para establecer cuando se debe realizar los cambios ya que la durabilidad de las mordazas o cuchillas de reemplazo varía dependiendo del material con que están formadas o de la calidad del trabajo de rectificación.

En la figura 3.10, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de formado de clavo, los diagramas completos de los procesos de calibración de cada máquina se presentan en el literal 3.6 de este capítulo.

- **Materia Prima**

La materia prima de este proceso es el alambre trefilado producido por las máquinas trefiladoras. La concentración de carbono de estos alambres debe ir dentro del rango de 0.08 % a 0.10% de carbono, esto es, con un alambroón de SAE 1008 a SAE 1010; alambres fuera de estas especificaciones pueden causar problemas en el funcionamiento de la máquina y en las cuchillas o mordazas.



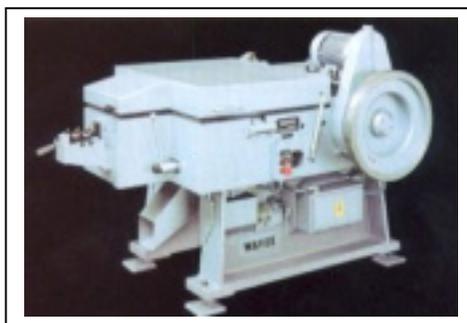
**FIGURA 3.10** Diagrama de operaciones del proceso de formado del clavo

Para identificar los diámetros de los alambres se usa la norma BWG (Birghman Wire Gauge), la cual se la puede ver en el apéndice E. De esta manera en este proceso se usan alambres trefilados desde 1.65 milímetros hasta 5.16 milímetros, lo que equivale en la norma BWG, desde # 16 hasta # 6.

- **Maquinaria**

Las máquinas de esta área son las llamadas máquinas claveras, las cuales se encuentran ubicadas en el área de

formado de clavo a una altura de 80 centímetros sobre el nivel del suelo. En la planta existen un total de 24 máquinas de diferentes tamaños de acuerdo al tipo de clavo que se quiera fabricar, así se tienen máquinas denominadas N°3 encargadas de producir clavos de 1 pulgada a 1 ½ pulgada hasta máquinas llamadas N°6 que pueden producir clavos de 3 pulgadas a 4 pulgadas. Ver figura 3.13.



**FIGURA 3.11** Foto de una maquina clavera

Cada máquina clavera tiene asignada un devanador estático, el cual como ya se explico anteriormente, sirve para colocar el spider con alambre para que alimente a la máquina, por consiguiente la necesidad mínima del área es de 24 devanadores. Así mismo en la parte inferior, a nivel del suelo, se colocan las artesas, una a la vez por máquina, las cuales se encuentran en la planta en número de 100. En

la siguiente tabla se presentan las distintas máquinas claveras con sus capacidades y el tipo de clavo asignado para producir.

TABLA XXIX  
NOMENCLATURA, CAPACIDAD DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS Y EL  
TIPO DE CLAVO ASIGNADO PARA PRODUCIR

Máquina	Capacidad <sup>12</sup> (clavos / minuto)	Capacidad <sup>13</sup> (kg / turno)	Tipos de clavo asignado
S 170	483	1050	3 x 9
S 90	438	139	1 ½ x 14
S 90	439	139	1 ½ x 14
W N°4-1	524	857	2 ½ x 10
W N°4-2	548	897	2 ½ x 10
W N°4-3	524	421	2 ½ x 10
W N°4-4	521	419	2 ¼ x 11
W N°4-5	511	411	2 x 12
W N°5-1	439	718	2 ½ x 10
W N°5-2	439	718	2 ½ x 10

<sup>12</sup> La Capacidad (clavos / minuto) es teórica.

<sup>13</sup> La Capacidad (Kgs. / turno) es la real, esto es, ya aplicado el rendimiento

Máquina	Capacidad <sup>14</sup> (clavos / minuto)	Capacidad <sup>15</sup> (kg / turno)	Tipos de clavo asignado
W N°75-1	397	319	2 x 12
W N°75-2	523	856	2 ½ x 10
W N°75-3	511	411	2 x 12
W N°75-4	393	316	2 x 12
W N°3-1	710	253	1 ½ x 14
W N°3-2	713	106	1 x 16
W N°3-3	725	258	1 ½ x 14
W N°3-4	717	135	1 ¼ x 16
W N°3-5	708	105	1 x 16
W N°3-6	718	159	1 ½ x 16
W S70	388	138	1 ½ X 14
W N°6-1	302	1726	4 x 6
W N°6-2	381	933	3 x 9
W S100	263	644	3 x 9
TOTAL DE KILOGRAMOS DE CLAVO POR TURNO		12,128	

<sup>14</sup> La Capacidad (clavos / minuto) es teórica.

- **Manipuleo y almacenamiento**

Los elementos que se manipulan en esta área son los spiders con alambre trefilado y las artesas con clavo formado. Los spiders son transportados desde las máquinas trefiladoras hasta los alrededores del área de clavería por medio de montacargas, los cuales ya fueron nombrados en la tabla XXVI referente al manipuleo de materiales en el área de trefilado. De igual manera, los mismos montacargas transportan las artesas con clavos formados, las cuales son llevadas hacia el área de pulición donde son almacenadas.

Las artesas tienen una capacidad aproximada de  $0.254 \text{ m}^3$  lo cual equivale en promedio a 400 kilogramos de clavos, por ende los montacargas no tienen dificultad en transportar este peso ya que exceden en capacidad. Igualmente si tomamos en cuenta que las 24 máquinas claveras producen en un turno aproximadamente 12,128 kilogramos de clavos, vemos que la necesidad de artesas sería de 30 artesas por turno aproximadamente, y como en la planta existen 100 artesas, se tiene cubierta esta demanda.

---

<sup>15</sup> La Capacidad (Kgs. / turno) es la real, esto es, ya aplicado el rendimiento

- **Personal de Operadores**

Para el área de clavería están asignados 7 operadores, los cuales son los encargados de realizar y chequear las correctas calibraciones de todas las máquinas. Además de los operadores, se cuenta con dos mecánicos fijos en el área, los cuales realizan reparaciones mayores de las máquinas. En la siguiente tabla se explica la disponibilidad de los operadores con respecto al grupo que pertenecen y en que turnos trabajan.

TABLA XXX

DISPONIBILIDAD DE OPERADORES DE CLAVERÍA SEGÚN EL GRUPO A QUE PERTENECEN Y LA FORMA EN QUE ROTAN

Grupo	Número de operadores	Forma de rotar
1	1	Cuatro turnos
2	1	Cuatro turnos
3	2	Cuatro turnos
4	1	Cuatro turnos
5	1	Tres turnos
6	1	Tres turnos

Las personas que rotan en cuatro turnos trabajan cuatro o

cinco días y descansan uno o dos, no importando si es día laborable o fin de semana, en cambio que los operadores que rotan en tres turnos trabajan de lunes a viernes solamente, y rotan cada semana a uno de los tres turnos diarios de trabajo. Con esto se garantiza que en cualquier turno del día, siempre se tendrá un operador de clavería en un grupo de trabajo.

La asignación de la carga de mano de obra esta dada de la siguiente manera, 12 máquinas cuando existe un operador y las 24 máquinas cuando trabajen dos operadores en el mismo turno.

### **3.3.3 Descripción del área de Pulición y Embalaje**

El área de pulición y embalaje es tercero en la línea de producción de clavos negros constituyendo el último contacto entre el producto final y la planta antes de que este llegue a las bodegas y al consumidor final.

Las artesas con clavos formados, que salen de las máquinas claveras, son transportadas por el montacargas hacia el área de pulición, alineadas justo por debajo de la

riel guía del tecele<sup>16</sup>. Este es un factor importante ya que el tecele tiene se evitan daños mecánicos si solo se levantan cargas perpendiculares a su posición.

El operador asignado lleva el tecele hacia la posición de la artesa a pulir hacia uno de los cuatro bombos pulidores instalados. Dichos bombos pulidores están constituidos por una estructura en forma de hexaedro colocado en forma horizontal además de un motor que le permite girar apoyado en sus caras laterales.

El clavo es vaciado en el bombo, la artesa es dejada en la parte inferior y se procede a colocar aserrín, el cual tendrá la función de absorber humedades del clavo a la vez de pulir su superficie. A continuación, por medio del mismo tecele se coloca la tapa del bombo la cual es asegurada y sellada por medio de dos pernos laterales. Una vez que la tapa se encuentra asegurada se enciende el ciclo de pulido, el cual tiene una duración programada de 30 minutos, tiempo en el cual, el sistema se detiene automáticamente

---

<sup>16</sup> Tecele.- Dispositivo compuesto por motores eléctricos, instalado en una riel guía, los cuales permiten levantar cargas y movilizarlas.

para que el operador se percate que el ciclo de pulido ha terminado. En este momento empieza un segundo ciclo de aspirado del aserrín sucio y limpieza final, en el cual, por medio de un motor se absorbe todo el polvo y aserrín resultante de la etapa de pulición de los bombos, este aserrín es recogido en un saco el cual es vaciado manualmente a un tanque en su momento.

El ciclo de aspirado tiene una duración aproximada de 5 minutos, dependiendo de la cantidad de aserrín y el número de bombos que se estén aspirando en el mismo momento. En este tiempo de duración de los ciclos, el operador se encarga de realizar el mismo procedimiento en los otros tres bombos restantes, esto es cargarlos con clavo, sellar la tapa y encenderlos.

Una vez terminado el aspirado, se procede a sacar la tapa del bombo, se la coloca en la parte inferior y se procede a vaciar el clavo del bombo hacia la artesa ubicada en la parte inferior. Esta es transportada, por el mismo tecele, hacia la zaranda, la cual no es más que una plancha con paredes laterales y en forma de embudo para que el clavo

se distribuya y caiga ordenado hacia la máquina embaladora.

Una vez terminado de vaciar todo el clavo en la zaranda, se transporta la artesa vacía al otro extremo del área para que el montacargas pueda recogerla y llevarla a una máquina clavera que la necesite. En los demás bombos se repite el ciclo nuevamente.

El clavo vaciado en la zaranda pasa a la máquina embaladora por medio de una banda transportadora para después ubicarse en la prerecamara imantada donde se almacena la cantidad de clavo necesaria para llenar una caja. Al tener el peso de clavos necesarios, la prerecamara se abre y dejar caer los clavos hacia la caja, antes pasando por dos paredes que forman un campo magnético, el mismo que tiene la función de ordenar el clavo para que se acomode de la mejor manera en la caja y no existan dificultades al momento de sellarla.

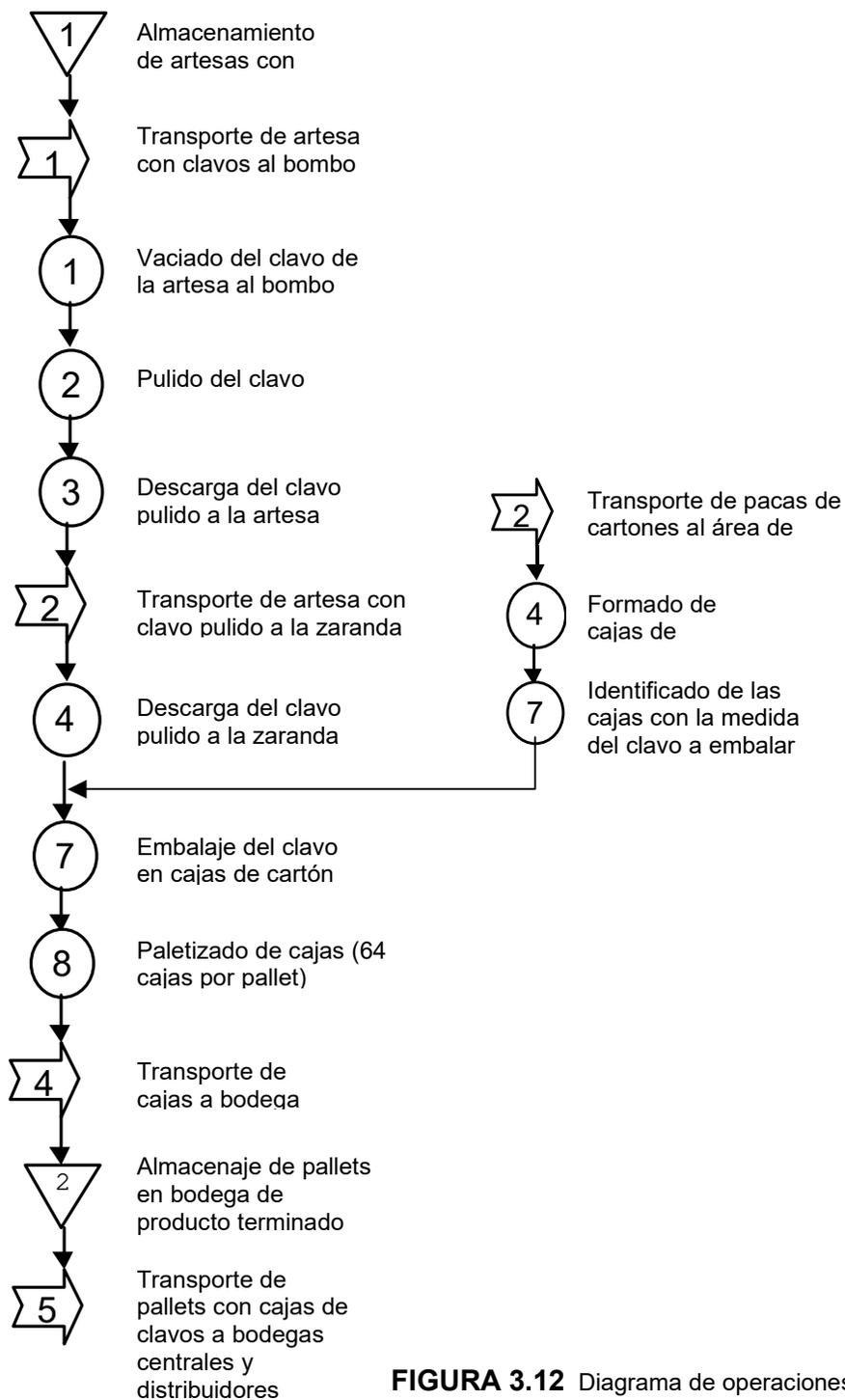
El operador encargado de embalar, previamente ha

escogido las pacas<sup>17</sup> de cajas que va a usar y las ha formado, identificándolas con un sello en el cual se menciona el tipo de clavo que va a ir en ella, por ejemplo “2 ½ x 10”, “2 x 12”, etc. Las cajas vacías son colocadas en la embaladora, la misma que las llena de clavo y las expulsa dando la señal para que el operador la reemplace por una vacía. La caja con clavos es arrastrada por medio de rodillos hacia una balanza donde se confirma y asegura el peso exacto de las mismas, terminado esto se las sella y se las paletizan en número máximo de 64 cajas por pallet, el mismo que es transportado por el montacargas hacia la bodega de producto terminado, dando fin a la línea.

Se emban dos tipos de presentaciones de clavos, en cajas de 25 kilogramos y en cajas de 10 kilogramos. El cambio de tipo de caja no reviste complejidad alguna al momento de calibrar la embaladora y el producto embalado es el mismo en cualquier presentación. En la figura 3.12 se presenta el diagrama de operaciones del proceso de pulido y embalaje de clavos negros.

---

<sup>17</sup> Pacas.- Paquetes provenientes del proveedor de 20 cartones doblados.



**FIGURA 3.12** Diagrama de operaciones del proceso de pulición y embalaje

- **Materia Prima**

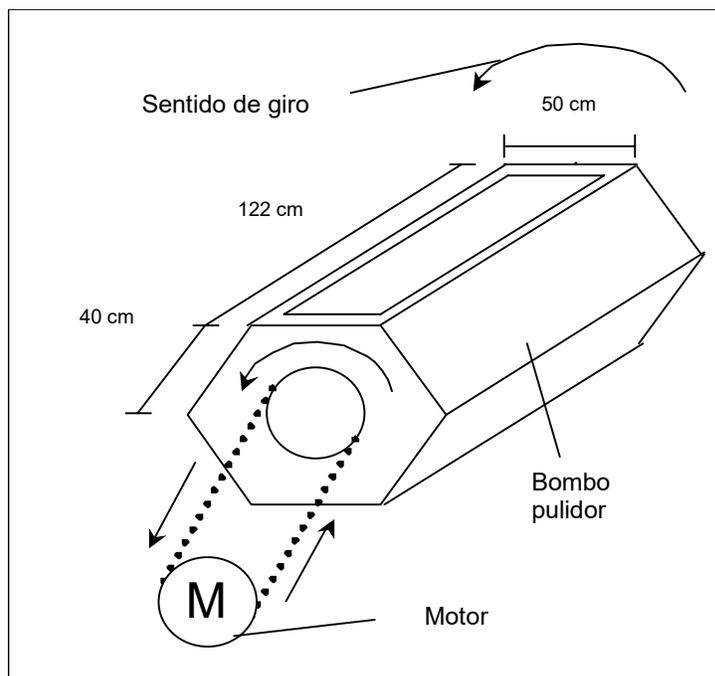
La materia prima utilizada en este proceso la constituyen los clavos negros pulidos, los cuales son suministrados por los bombos pulidores. Además, como material de embalaje se utilizan cajas de cartón las mismas que vienen en dos presentaciones de tamaño, las de capacidad de 25 kilogramos y las de capacidad de 10 kilogramos.

Sumado a lo anteriormente expuesto se necesitan otros insumos como aserrín, el cual debe guardar un mínimo de requerimientos para que el proceso de pulición sea el óptimo, se utilizan también grapas metálicas para sellar las cajas y pallets de 1.20 metros de largo.

- **Maquinaria**

En el área de pulición y embalaje se tienen cuatro bombos pulidores de aproximadamente 51 m<sup>3</sup> de capacidad, cuyas dimensiones se las puede observar en la figura 3.13. Además se dispone de un tecla de 500 kilogramos de capacidad colocado en una riel guía que rodea toda el área y sirve para los bombos pulidores y la máquina embaladora.

Para aspirar el aserrín de desperdicio se utiliza un venterol, el cual succiona el aserrín almacenándolo en sacos para su posterior desecho. De igual manera se dispone de 100 artesas con capacidad de 400 kg en las cuales se almacena y transporta los clavos.



**FIGURA 3.13** Esquema de un bombo pulidor con su motor

Para las labores de embalaje se tiene una máquina embalmadora con capacidad de 320 cajas de 25 kilos o 350 cajas de 10 kilos por turno de 7.5 horas. Esta es alimentada por medio de una zaranda la cual dispone de un motor que

la hace vibrar creando el movimiento necesario para que los clavos caigan por gravedad; inclusive a esto se tienen instalaciones de rodillos transportadores, engrapadoras automáticas y manuales. En la siguiente tabla se exponen las maquinas y accesorios instalados en el área.

TABLA XXXI

## EQUIPOS INSTALADOS EN EL ÁREA DE PULICIÓN Y EMBALAJE

Cantidad	Denominación	Característica
4	Bombos pulidores	51 m <sup>3</sup> de capacidad
1	Tecla mono riel	500 kg de capacidad
1	Venterol	Capacidad de absorción de aserrín de 4 bombos
1	Máquina Embaladora Automática	320 cajas de 25 kg o 350 cajas de 10 kg por turno
100	Artesas	+ / - 400 kilogramos de capacidad

- **Manipuleo y Almacenamiento**

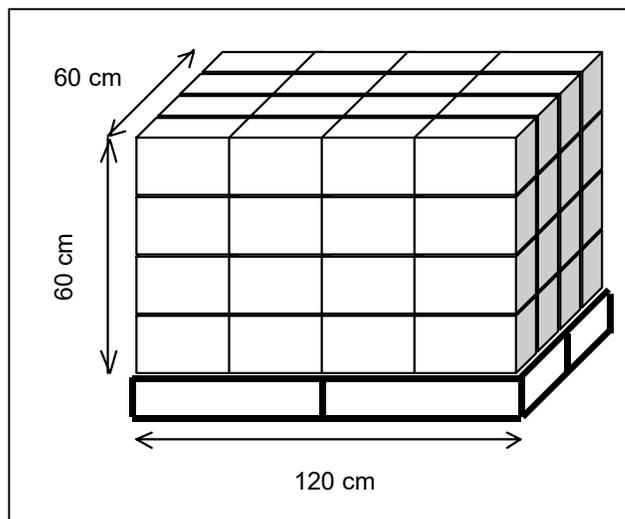
Los clavos formados que salen de las máquinas claveras son transportados en las artesas metálicas por medio de los montacargas de la planta descritos en la tabla XXVI, las mismas que son llevadas al área de pulición y almacenadas

temporalmente hasta que les llegue el turno de ser pulidas; el tiempo de almacenamiento de las artesas es un factor que no afecta en el proceso. Las artesas son manipuladas en el área hacia los bombos y hacia la zaranda por medio del tecele de 500 kilogramos de capacidad.

Las cajas son paletizadas en pallets de 1.20 metros de longitud en un número de 64 por pallet, teniendo 4 filas de 16 cartones, tal como se muestra en la figura 3.14. Dichos pallets son transportados hacia la bodega de producto terminado por medio de los montacargas de la planta, allí son acomodados en una altura de hasta tres pallets alineados perpendicularmente a las paredes. La bodega de producto terminado no posee percheros u otras estructuras de almacenamiento y el sistema de rotación de inventarios es el LIFO. (Ultimo en entrar, primero en salir)

- **Personal de Operadores**

Para las funciones de pulición se encuentra asignada una persona por turno al igual que para las de embalaje, resultando que por turno se tengan siempre una pareja de personas.



**FIGURA 3.14** Paletizado de cajas de clavos

La persona encargada de pulir los clavos es la responsable de tener el suficiente aserrín que va a utilizar en su turno, además de ser el operador del tecele siendo el único que transporta las artesas hacia los bombos y hacia la zaranda. También es responsable del funcionamiento del venterol y de verificar, la calidad del clavo que va a pulir.

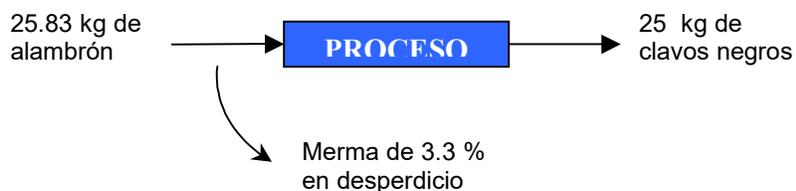
En cambio la persona asignada a las tareas de embalador, está encargado de llevar las pacas de cartones desde la bodega de insumos hacia el área, armar las cajas, identificarlas y alimentar a la máquina embalmadora con las mismas. De igual manera, debe paletizar las cajas llenas y

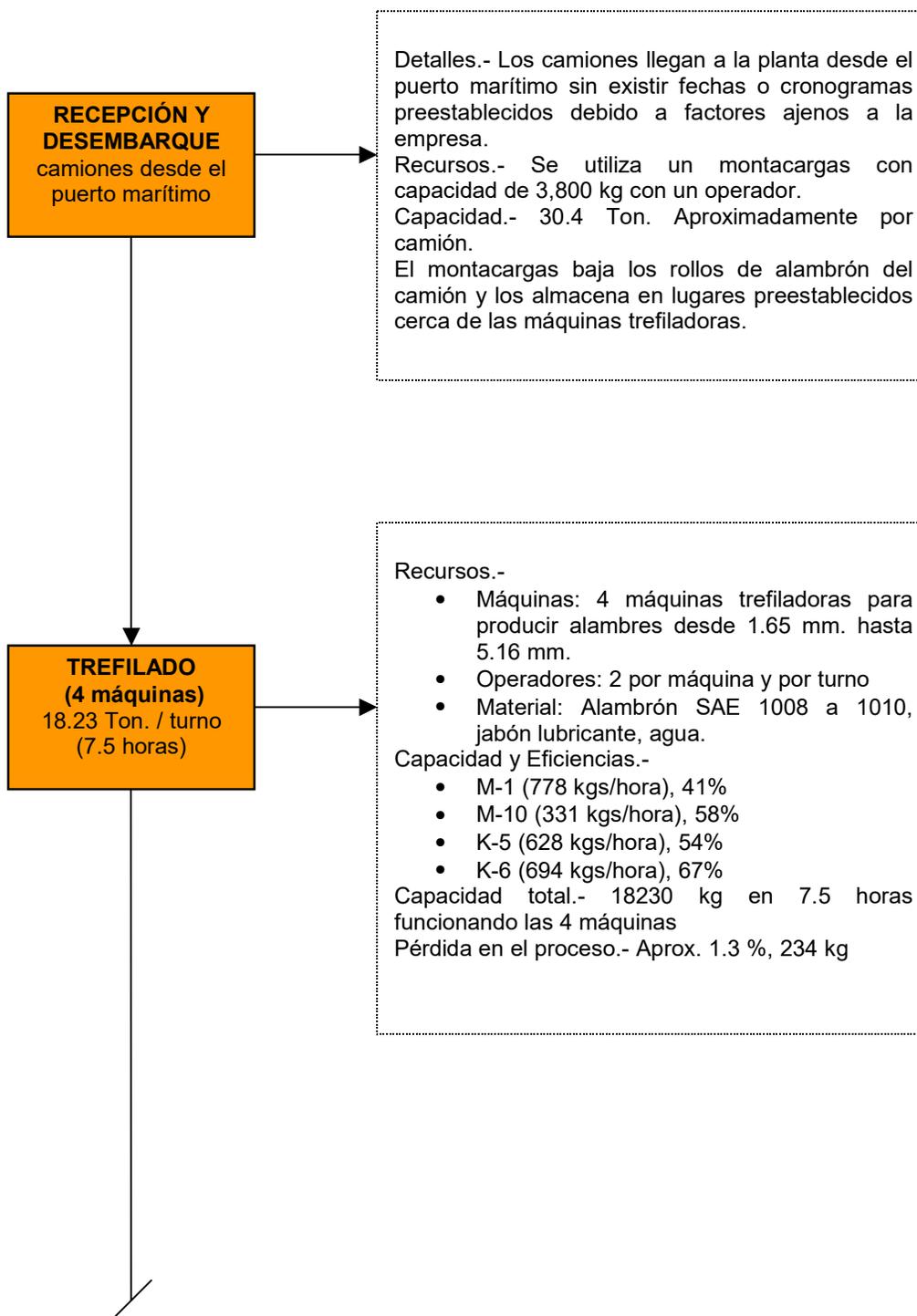
selladas en el orden establecido para que pueda el montacargas retirarlas.

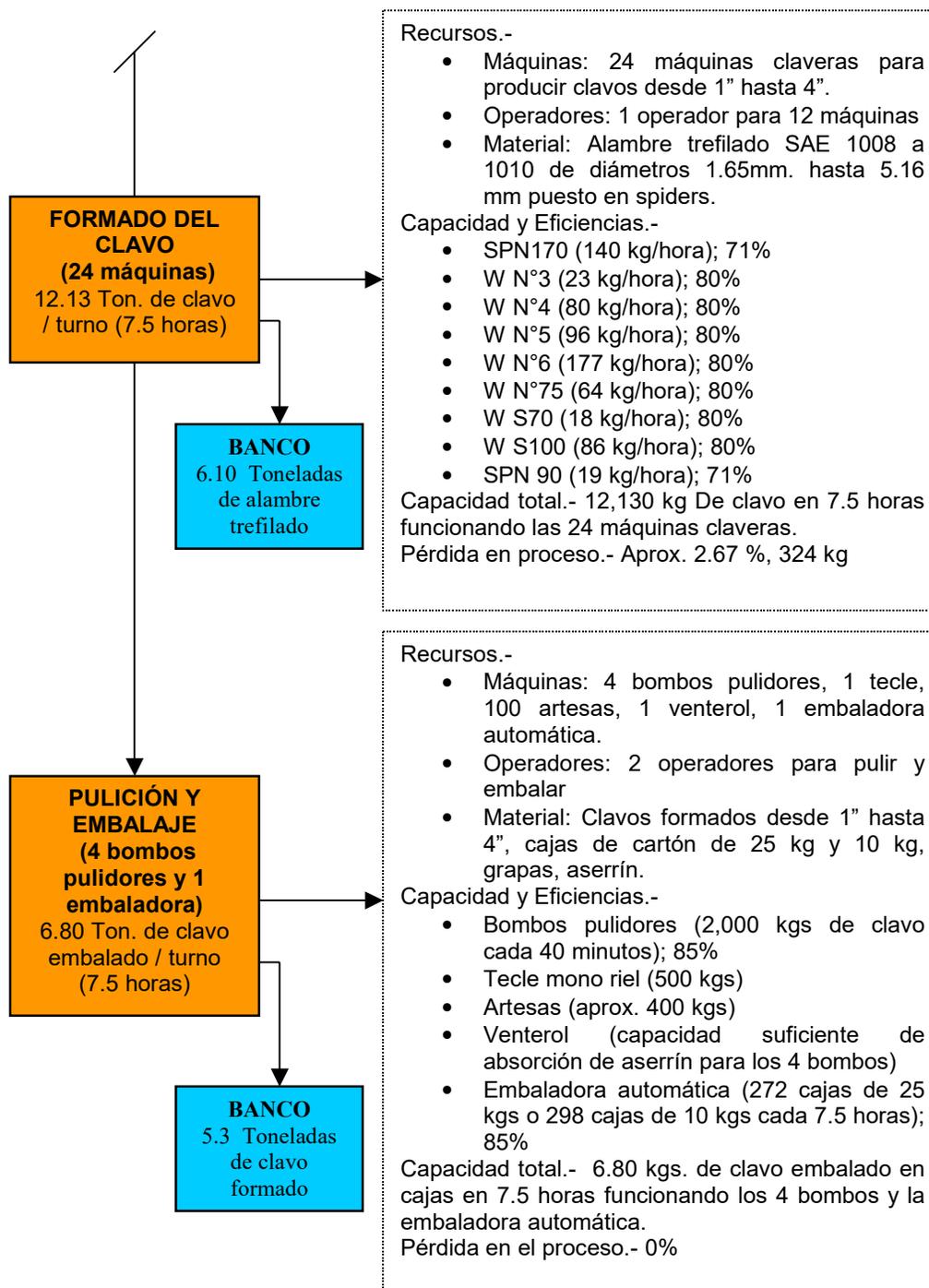
- **Balanceo de la línea**

El balanceo de una línea de producción consiste en garantizar que todas las operaciones consuman cantidades apropiadas de tiempo y que dichas cantidades sean las necesarias para lograr la tasa de producción esperada. A esta altura de la tesis nos centraremos en describir gráficamente como se encuentra repartida, con respecto a capacidades, la línea de producción de clavos negros para concluir al final si la línea se encuentra balanceada o no.

En la figura 3.15 se detalla de manera cuantitativa el balance de materiales y de capacidades de máquinas de la línea de producción de clavos negros en forma completa, desde la recepción de materia prima hasta el despacho a bodegas principales y/o distribuidores.





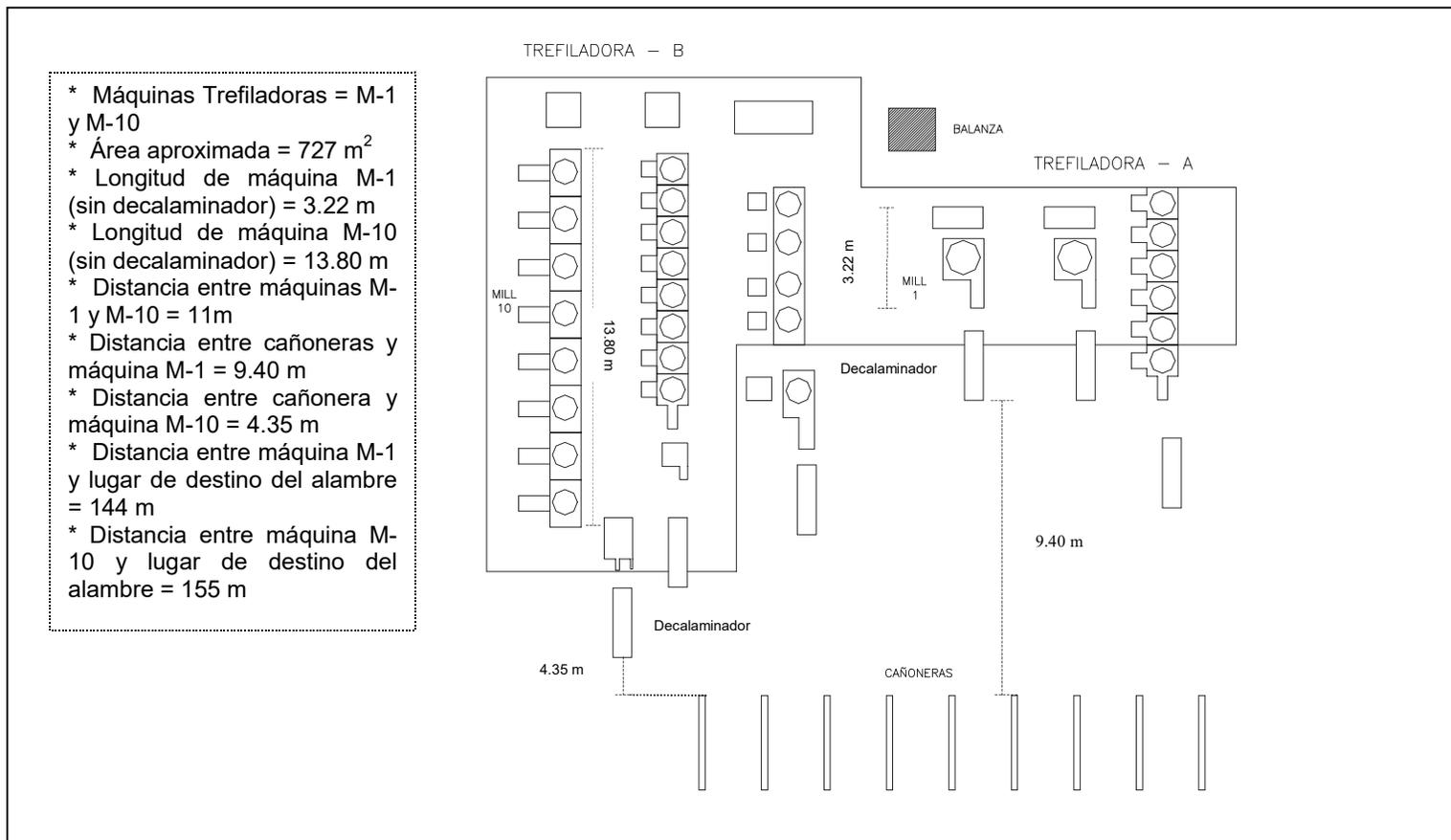


**FIGURA 3.15** Balanceo de la línea de producción de clavos negros

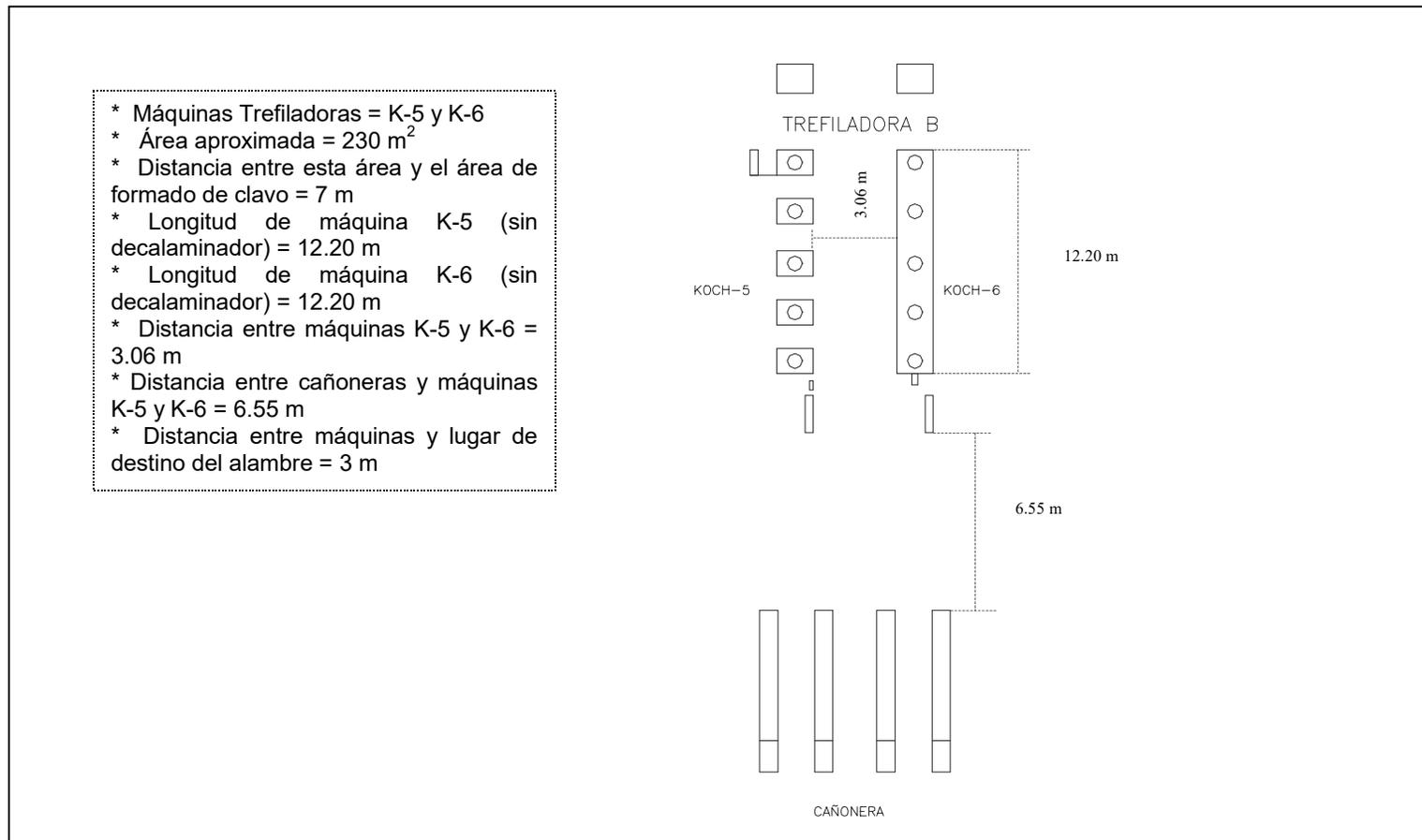
Observando las capacidades de los procesos de la línea de producción de clavos negros vemos que se crean bancos por sí solos ya que la capacidad de un proceso se ve superada por la del proceso anterior. Así el proceso de formado de clavo necesita por turno 12.13 toneladas de alambre trefilado, si la capacidad total del proceso de trefilado es de 18.23 toneladas de alambre, tenemos que se crea un exceso de 6.10 toneladas de material. De igual manera el proceso final de pulición y embalaje necesita por turno 6.80 toneladas de clavo formado, si el proceso anterior, formado de clavo, tiene una capacidad de 12.13 toneladas se crea el exceso de 5.30 toneladas.

#### **3.4. Descripción física de la línea de producción**

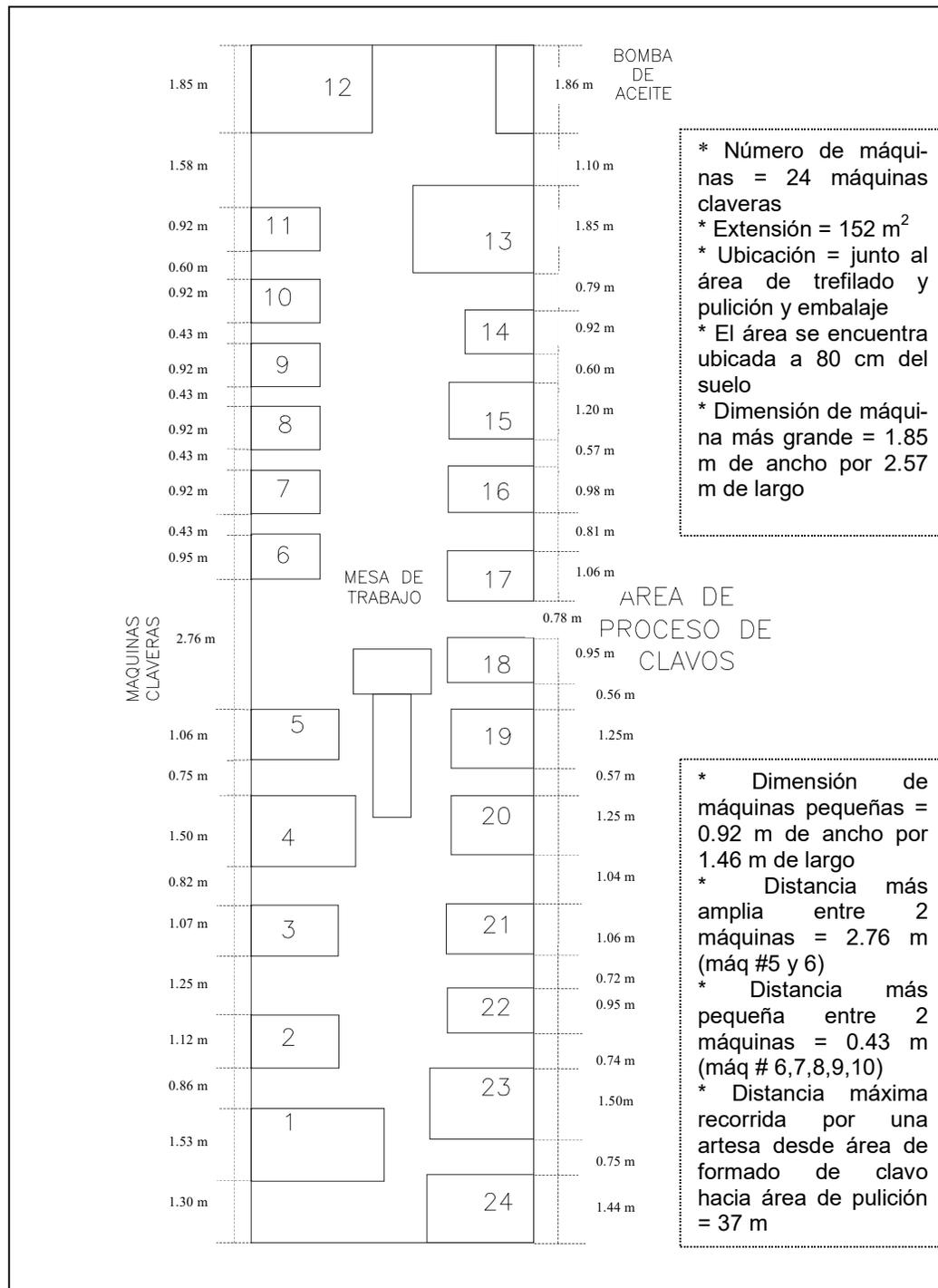
En este literal se expondrán en forma gráfica, la situación física de las áreas que constituyen la línea de producción de clavos negros, analizando áreas y distancias. La línea de producción de clavos negros posee una distribución por procesos siendo estos los de trefilado, formado de clavos y pulición y embalaje, por tal motivo existen tres áreas que nos interesarán en el estudio. En las siguientes figuras se muestran los dibujos de las áreas pertenecientes a la línea con su respectiva descripción.



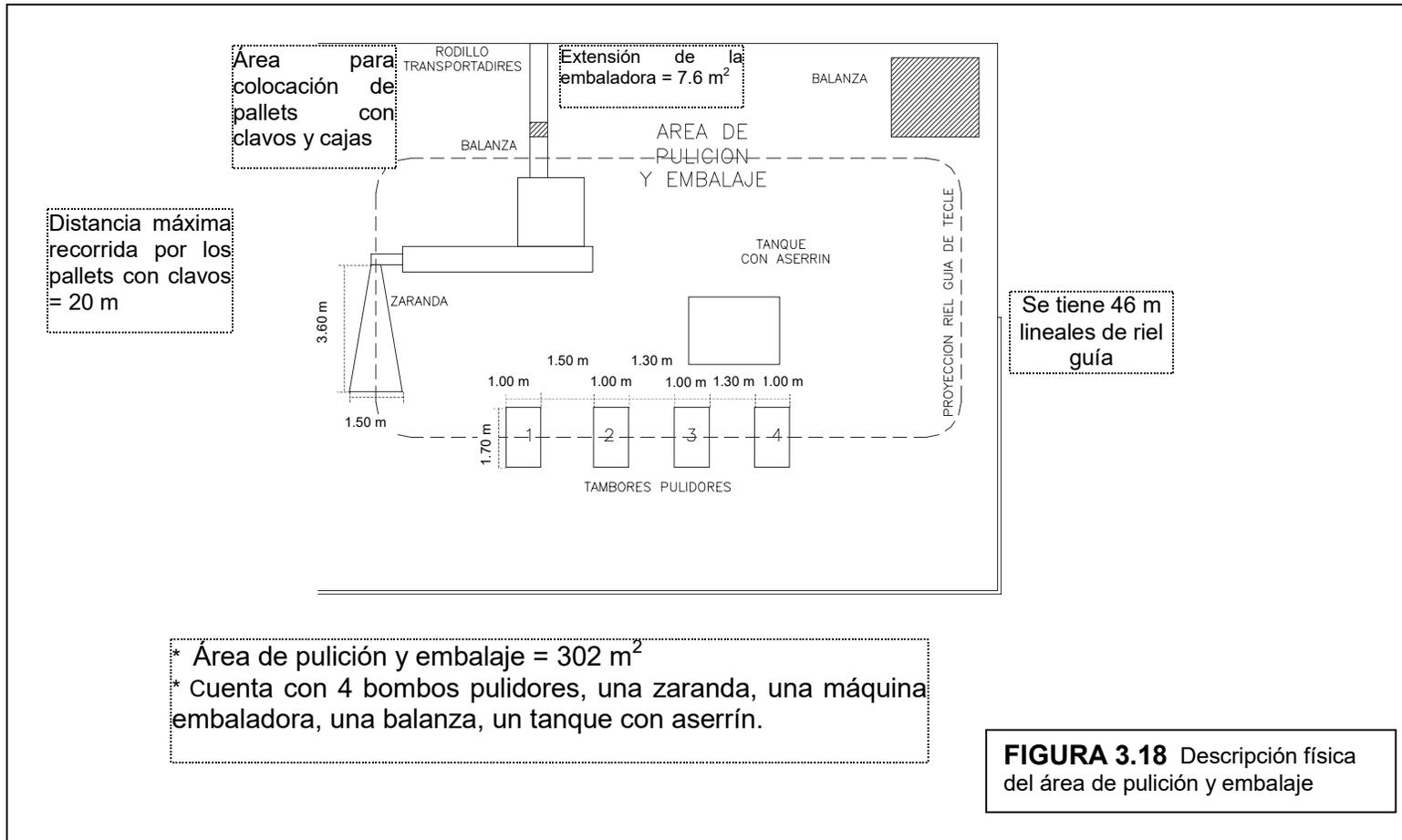
**FIGURA 3.16** Descripción física del área de trefilado (máquinas M-1 y M-10)



**FIGURA 3.17** Descripción física del área de trefilado (máquinas K-5 y K-6)



**FIGURA 3.18** Descripción física del área de formado de clavos



En la siguiente tabla se muestran las extensiones de las cuatro áreas de producción de la línea de clavos negros.

TABLA XXXII  
METROS CUADRADOS DE LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )
Trefiladoras M-1 y M-10	727
Trefiladoras K-5 y K-6	230
Formado de Clavo (24 máquinas)	152
Pulición y Embalaje (4 bombos y embaladora)	302

### **3.5. Análisis de las condiciones de trabajo de la línea de producción**

Dentro de la línea de producción de clavos negros se dan varios procesos con varias transformaciones de tipo mecánico, los cuales, generan grandes cantidades de calor, polvo, ruido y demás contaminantes que pueden considerarse adversos a las condiciones normales de trabajo de cualquier persona, es por eso, que dentro del mejoramiento de una línea se deben tomar en cuenta los factores o condiciones de trabajo de las distintas áreas, ya que estas condicionan la actividad laboral del individuo.

El ambiente de trabajo constituye un factor esencial en el rendimiento del trabajo, por lo que se debe buscar que el empleado no trabaje más allá de los límites máximos de su resistencia y en condiciones ambientales adecuadas. Los problemas que se pueden presentar están relacionados a factores como: temperatura, humedad, ruido, vibraciones, iluminación, etc.

La línea de producción posee tres procesos, los cuales se ubican en diferentes áreas y por ende se tienen diferentes condiciones ambientales en cada una de ellas, además se tienen varios factores contaminantes a considerar, por ese motivo el análisis se lo hará nombrando cada factor adverso y describiendo como es este en cada proceso de la línea.

- **La Temperatura**

Este constituye un factor que indudablemente influye en el bienestar, confort, rendimiento y seguridad del trabajador. El excesivo calor produce fatiga, necesitándose más tiempo de recuperación o descanso que si se tratase de temperatura normal, en cambio que el frío produce en el trabajador perder agilidad, sensibilidad y precisión de las manos, constituyéndose en un riesgo para su seguridad.

El IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) en su Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo en el capítulo IV dicta regulaciones sobre la temperatura en los lugares de trabajo siendo que esta no debe exceder los 28°C en los locales cerrados.

En la siguiente tabla se presentan los efectos en el rendimiento de los trabajadores de distintas temperaturas.

TABLA XXXIII  
EFECTOS DE LA TEMPERATURA DEL AMBIENTE SOBRE EL  
RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES<sup>18</sup>

Temperatura (°c)	Efectos
10	Agarrotamiento físico en las extremidades
18	Temperatura óptima
24	Aparece fatiga física
30	Se pierde agilidad y rapidez mental, las respuestas se hacen lentas y aparecen los errores
50	Tolerables una hora, con la limitación anterior
70	Tolerables media hora, pero muy por encima de la posibilidad de actividad física o mental

<sup>18</sup> Fuente de la tabla: Manual de seguridad industrial por César Ramírez Cavasca, editorial Limusa.

El área de trefilado, donde se encuentran ubicadas las máquinas M-1 y M-10, es una zona que está construida en un galpón solamente cubierto por el techo y la pared que da hacia la avenida principal, siendo un área totalmente abierta para la ventilación y luz natural. Las fuentes de calor más representativas son las bobinas con alambre trefilado y el resto de las máquinas que se encuentran alrededor de esta área.

En la otra área de trefilado, donde se encuentran ubicadas las máquinas K-5 y K-6 en cambio se tienen condiciones diferentes, teniendo hacia el lugar donde se asientan las cañoneras la única fuente principal de ventilación natural, ya que incluso, el techo se encuentra en un nivel más bajo que el de un galpón industrial. Por estos motivos esta área siempre tiene temperaturas más elevadas que las del ambiente.

Si tomamos en cuenta que las temperaturas, en la estación invernal de la ciudad donde se encuentra asentada la planta, llegan hasta los 30°C, estando muy por encima de la óptima, 18 a 28 °C, se debe considerar que este factor influye directamente en el rendimiento del trabajador asignado a esta área. Las restantes dos áreas de la línea de producción, la de Formado de Clavos y la

de Pulición y Embalaje se las puede unir en un mismo análisis, ya que ambas se encuentran ubicadas una junto a la otra, teniendo los mismos factores influyentes en su temperatura.

En dichas áreas se tienen temperaturas siempre por arriba que las del ambiente, debido a que se encuentran ubicada en un lugar cuya altura del techo esta muy por debajo que la de un galpón industrial normal, evitando la mayor circulación del aire. Sumado a esto se debe recordar que el área de las máquinas claveras está a 80 cm del nivel del suelo, poniendo al operador aún más cerca del techo.

Si la temperatura ambiental está elevada, en el área de Pulición y Embalaje se tendrá la misma sensación de calor ya que está ubicada junto a una pared lateral de planta, junto al área de las máquinas claveras y cerca de las máquinas trefiladoras K-5 y K-6 haciendo que el viento exterior no tenga suficiente espacio para ventilar el área.

Si tomamos en cuenta que los trabajos realizados en la línea de producción requieren un nivel medio de concentración, algunos son de fuerza y otros ligeros y no son sedentarios, debemos

buscar temperaturas adecuadas de trabajo para realizar dichos tipos de actividades. Si hablamos de trabajos manuales ligeros, como los de los operadores de las máquinas claveras, la temperatura recomendable está en el rango de los 15°C a 18°C, en cambio si nos referimos a trabajos de fuerza, como los de los operadores de pulición y embalaje, la temperatura recomendable está entre los 12°C a los 15°C.

- **El Ruido**

El ruido se considera esencialmente cualquier sonido innecesario e indeseable y es por ello que puede deducirse que se trata de un riesgo laboral nada nuevo, siendo a partir de la revolución industrial cuando verdaderamente un gran número de personas comenzó a exponerse a altos niveles de ruido en el sitio de trabajo considerándose en el principal factor de la pérdida permanente de la capacidad auditiva.

Algunos autores indican que cualquier ruido mayor a los 90 dba perjudica al ser humano, en cambio el IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) en su Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo, en el capítulo tercero indica que el nivel sonoro máximo admisible será de 85 dba en el ambiente de talleres, en

que el operario mantiene habitualmente la cabeza, para los casos en que se exceda de estos niveles, deberán proveerse y utilizarse los elementos de protección adecuados, como protectores auditivos los cuales se los puede dividir en dos grupos:

- a. Los tapones o dispositivos de inserción, pudiendo llegar a disminuir hasta 15 dba.
- b. Orejeras, pueden disminuir unos 25 o 30 dba la intensidad del sonido de lo que existe en el ambiente.

Empezando a analizar las diferentes áreas de trabajo de la línea de producción de clavos negros, podremos empezar con la de las máquinas M-1 y M-10, en las cuales los niveles de ruido llegan a promedios 85.95 dba, teniendo en la mayoría de veces sonidos de muy alta frecuencia causados por los movimientos de las bobinas de las máquinas.

En cambio en el área de las otras máquinas trefiladoras, k-5 y K-6, debido a la proximidad a las máquinas claveras y al área de pulición y embalaje se tienen sonidos que llegan a promedios de los 90 dba en toda la jornada laboral, haciendo totalmente necesario el uso de protección auditiva.

El área de Formado del Clavo, donde se encuentran ubicadas las 24 máquinas claveras constituye sin duda, en uno de los sitios de mayor generación de contaminación por ruido que existe en la planta, ya que cada máquina clavera genera por la naturaleza de su funcionamiento, un sonido totalmente fuerte y de alta baja frecuencia que puede llegar a estar muy por encima de los 90 dba, dependiendo del tamaño de la máquina a la que nos refiramos, en general la intensidad del sonido en esta área puede llegar hasta los 96.55 dba, constituyéndose en el lugar con más ruido de la planta. Además su proximidad al techo, la falta de aislamiento, y las áreas aledañas hacen que el nivel del ruido sea totalmente insoportable sin la debida protección auditiva.

También se debe considerar el tiempo de exposición del operador, el cual lo constituye la jornada de trabajo, 8 horas, y que el mismo realiza labores que requieren de concentración media; el ruido puede fácilmente constituirse en el principal factor de molestia a las condiciones de trabajo del operador de esta área.

En el área de Pulición y Embalaje, considerando su proximidad al área de las máquinas claveras, como se puede ver en el plano 1, se tienen valores promedio de sonidos en el orden de los 90.60

dba, lo cual va a ser determinante en las condiciones de trabajo del operador, ya que el ruido llega con toda su intensidad a los dos operadores de esta área, debido a que no existe ningún medio físico que aisle esta área.

En la misma área existen otras fuentes de ruido, como lo constituyen los bombos pulidores, adicionalmente tenemos la zaranda como otra fuente de sonido excesivo en el área, ya que la misma funciona vibrando para poder hacer descender y distribuir los clavos en la banda transportadora, por tal motivo, el sonido generado por los clavos golpeando la base de la zaranda superan fácilmente la intensidad mínima resistida por el ser humano.

Estos factores anteriormente anotados crean la necesidad de proveer y exigir a los operadores del área de Pulición y Embalaje el uso de protectores auditivos, que en este caso pueden ser las orejeras, o en su defecto las orejeras y tapones juntos.

Cabe recalcar que si en el factor de temperatura, la falta de existencia de divisiones (paredes) en las áreas ayudaba a la mejor distribución del aire natural, en el factor de ruido tiene un efecto contrario, siendo el determinante que más ayuda a que esta clase

de contaminación se propague, ya que ninguna de las áreas de la línea cuenta con medios físicos para asilar los sonidos generados en las mismas. Además actualmente el uso de protectores auditivos en las distintas áreas de la línea no es exigido por parte de los jefes o supervisores de la planta, quedando esto a criterio del trabajador, estando en contraparte, la total disposición en la bodega tapones u orejeras para cualquiera de los operadores que los requirieran. En la siguiente tabla se resumen los niveles de intensidad del sonido de las áreas de producción de la línea de clavos negros.

TABLA XXXIV  
INTENSIDAD DEL SONIDO DE LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA LÍNEA  
DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS

Área	Intensidad (dba)
Trefiladoras K-5 y K-6	90
Trefiladoras M-1 y M-10	85.95
Formado de Clavos	96.55
Pulición y Embalaje	90.60

Si consideramos que las diferentes normas indican que en áreas donde el sonido supera los 85 dba es obligatorio usar protección

auditiva, se concluye que en todas las áreas pertenecientes a la línea de producción se debe hacer uso de estas, ya que el sonido más bajo llega a los 85.95 dba.

Se encuentran a disposición de los trabajadores tapones del tipo E-A-R Ultrafit, los cuales tienen un grado de protección de 21 dba, además de contar con audífonos del tipo E-A-R Muffs, los cuales proveen una protección de alrededor de los 20 a 22 dba. Si consideramos que la mayor intensidad de sonido que se tiene es de 96.55 decibels, 11.55 dba sobre lo permitido, podemos concluir que el tipo de protección que se tiene es la adecuada para las condiciones de trabajo de la línea.

- **Iluminación**

La iluminación es un factor que influye en el rendimiento del trabajador, ya que si se presenta en forma deficiente puede causar fatiga o malograr el sistema nervioso de un individuo. El Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social), en el capítulo 2 indica que todo lugar de trabajo deberá estar dotado de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para sus ojos.

Las unidades de iluminación más frecuentes son el Lumen y el Lux, la primera es la unidad de flujo luminoso y corresponde a la cantidad de flujo emitido por un punto luminoso cuya intensidad es de una bujía decimal en todas direcciones sobre  $1 \text{ m}^2$  de una esfera de 1 metro de diámetro. En cambio que el Lux es la unidad de iluminación o efecto útil de la luz, constituyendo en la iluminación de una superficie que recibe un flujo uniformemente repartido de un lumen por  $\text{m}^2$ . Las fuentes de luz más empleadas en la industria son:

- a. Lámpara de filamento. Solo una parte de la energía consumida es aprovechable en forma de luz.
- b. Lámpara de mercurio. La luz se produce por la acción de la corriente a través del vapor de mercurio formando arco. El rendimiento luminoso dobla al de las lámparas de filamento.
- c. Lámpara fluorescente. Son tres veces más eficientes que las de filamento.

Según la norma DIN 5035 de iluminación de interiores con luz artificial para la clase de actividad que se realizan en las área de producción de la línea, trabajos en los que el ojo debe reconocer

pequeños detalles con reducidos contrastes, la intensidad de la iluminación recomendada debe ser de 1,000 a 1,500 luxes.

Otro factor importante en la iluminación es el color para obtener una buena reflexión de la luz ambiental con el fin de que la eficacia de la iluminación sea mantenida. En este caso, todas las paredes de las diferentes áreas de producción se encuentran pintadas en la parte alta de color blanco y en la parte baja de color azul oscuro. Estos colores ayudan a aprovechar la luz natural del día y la artificial generada por las lámparas fluorescentes ubicadas en el techo, ya que el color blanco tiene un alto coeficiente de reflexión.

Como se mencionó, la fuente de luz artificial de las áreas de producción son las lámparas fluorescente, las cuales proporcionan ventajas como mejor aprovechamiento de la energía, mejor tipo de iluminación con respecto al color y bajo costo. Por estos motivos, el tipo de lámpara usada en las áreas no será punto de discusión en el análisis, más bien nos centraremos en mejorar su cantidad y distribución para conseguir así la mejor iluminación en las áreas.

De antemano, de la experiencia física insito, podemos decir que la iluminación en las áreas de trefilado y formado de clavos es

eficiente, ya que en horas de la noche, se tiene claridad en los detalles pequeños, buena reflexión, ausencia de agotamiento de la visión, e intensidad de la luz tolerable por el ojo humano. El problema principal se tiene en el área de pulición y embalaje, en donde, la falta de reparación de lámparas en mal estado, problemas de sombras o iluminación localizada y la falta de iluminación en lugares estratégicos, causan problemas de iluminación en las noches, especialmente en la parte de embalaje de clavos, donde se necesita claridad para observar los detalles como la calidad del clavo que se esta embalando.

En esta parte de la planta, según la Asociación Francesa de Luminotécnicos, se deben tener valores de iluminación de alrededor de los 100 luxes solamente en la parte de embalado de clavos, sin tomar en cuenta la parte de los bombos pulidores en donde es necesario tener la iluminación necesaria para observar detalles como la calidad del pulido del clavo.

- **Medio Ambiente**

En este parte del análisis se tomarán en cuenta factores no nombrados anteriormente como sustancias suspendidas en el ambiente, las cuales pueden penetrar en el cuerpo humano de

varias maneras, por ingestión o por inhalación al respirar aire contaminado, o por absorción a través de la piel. Estos elementos se presentan generalmente en las siguientes formas:

- a. Humos.- Contienen partículas de carbón producidas por la combustión incompleta de productos carbonosos.
- b. Polvos.- Partículas sólidas muy pequeñas que flotan en el aire con tendencia a caer por su propio peso.
- c. Emanaciones.- Partículas sólidas muy finas producidas al condensarse los gases resultantes de la volatilización de metales en estado líquido.
- d. Nieblas.- Formadas por condensación del estado gaseoso, disgregación o atomización de un líquido.
- e. Gases.- Elementos químicos simples o compuestos que cambian de estado por efecto de presión y temperatura.
- f. Vapores.- Forma gaseosa de compuestos sólidos o líquidos, como los gases, son susceptibles de cambiar de estado por efecto de presión y temperatura.

En el caso de las áreas de trefilado, se tienen considerables cantidades de contaminantes del ambiente que respira el trabajador, primeramente tenemos el polvo o jabón lubricante del

proceso, este jabón se suspende fácilmente en el aire, ayudado por el mal estado de las jaboneras las cuales no evitan su escape al ambiente. Los efectos de toxicidad en el ser humano no han sido estudiados, aunque por la composición que posee basada en sodio, zinc, calcio y bórax se puede presumir sus efectos contaminantes.

Además del jabón lubricante, en las áreas de trefilado se tienen polvos pesados suspendidos en el ambiente por causa del mismo acero en el proceso de trefilación y por la calamina del alambón, sumando aún más la necesidad de exigir el uso de protección respiratoria para los operadores.

En el área de Formado de Clavo, debido a su proximidad con un área de trefilado y con el área de pulición de clavos, se tienen de igual manera presencia de sólidos suspendidos en el ambiente, creándose la necesidad de determinar por medio de estudios más especializados, la obligatoriedad o no del uso de protección respiratoria para los operadores de esta área.

En la planta, a disposición de los trabajadores se tienen mascarillas desechables del tipo para contaminantes no tóxicos

recomendado para labores de jardinería, limpieza de lugares cerrados, carpintería, maquinarias, trabajos con cemento, etc.

Además para seguridad de los ojos, se dispone en la planta de protectores de la visión del tipo aviador clásicos, los cuales son amplios y proveen de protección completa a todo el contorno de la vista, párpados y cejas.

Además del polvo que pudiera estar suspendido en el ambiente de esta área de formado de clavo, se tiene otro factor que influye en el ambiente de trabajo de los operadores, este es el aceite lubricante de las máquinas claveras, el cual, en la mayoría de las veces se encuentra regado en los pisos del área haciendo peligrosa la circulación en la misma.

Los lubricantes son relativamente inofensivos a la salud cuando se presentan contactos cortos y ocasionales; los contactos frecuentes y prolongados con aceites minerales pueden ocasionar distintas formas de irritación. Se debe mantenerse concentraciones de aceite libre en el aire menores de 5 mg por metro cúbico. El aceite que se derrama más el polvo generado en el ambiente crea una capa en el piso del área muy resbalosa, haciendo peligroso el

trabajo de los operadores, tomando en cuenta que ellos se encuentran a 80 centímetros del suelo. Accidentes por esta causa ya se han dado, en donde el operador ha sufrido caídas por resbalarse de los escalones al querer bajar del área.

Finalmente en el área de pulición y embalaje, el contaminante más influyente del aire que respiran los trabajadores es el aserrín usado en el proceso de pulición. Este se encuentra suspendido en el ambiente debido a escapes o fugas presentes en el sistema de tuberías que lo transporta hacia su reservorio, incluso el mismo reservorio, por constituirse un saco de material no antifiltrante, presenta escapes de aserrín. Además en el proceso de embalaje, en la zaranda, por el movimiento de alta vibración, se suspenden grandes cantidades de sólidos al ambiente, que por naturaleza del proceso no son evitables. Por estos motivos, en esta área se hace necesario y obligatorio el uso de protección respiratoria.

En el caso de las áreas de trefilado y pulición y embalaje se necesita el uso de respiradores de filtro mecánico, usados en situaciones de no emergencia, de tal manera que tapan la boca y nariz siendo estos respiradores de polvo, usados para protegerse

de elementos como el asbesto, la sílice libre, carbón, madera, aluminio, cal, cemento, entre otros.

- **Otros factores influyentes en el ambiente de trabajo**

Otros factores influyentes en el ambiente de trabajo lo constituyen las medidas de seguridad en las máquinas, hábitos negativos, desconocimientos y la idiosincrasia de operarios.

Las medidas de seguridad más usadas en las máquinas son las llamadas guardas o protecciones en las máquinas, donde se necesita proteger al operador de aparatos transmisores de energía así como de piezas móviles en forma rotativa, recíprocas, etc.

El IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) en su Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el capítulo primero de su segundo título regula que toda maquinaria, equipo o instalación que debido a su movimiento ofrezca riesgo de accidente a los trabajadores, deberá estar debidamente resguardada. Las defensas o resguardos de las maquinarias y equipos deberán ser diseñados, construidos y utilizados de tal manera que proporcionen una protección efectiva, sin que a su

vez constituyan un nuevo riesgo, previniendo el contacto con las zonas de mayor peligro.

Las máquinas trefiladoras poseen diferentes equipos de seguridad para evitar accidentes en los trabajadores, así desde el inicio del proceso existe un dispositivo que detiene la máquina por la presencia de nudos en el alambión. Además las máquinas trefiladoras cuentan con guardas de protección en cada bobina, con un cable de paro automático, y con sensores de rotura de hebra en las bobinas, reuniendo las características de protección de máquinas situadas en plantas de otros países del exterior.

Las máquinas claveras del área de formado de clavo, poseen cubiertas en toda su estructura evitando el contacto del operador con su sistema de bielas y engranajes, pero en cambio su volante principal, colocado en forma vertical a un extremo de la máquina se encuentra sin ningún tipo de protección, constituyendo en un peligro eminente si llegase a existir contacto con alguna prenda o herramienta de algún operador.

En el área de pulición y embalaje, en cambio, se tienen más falencias en seguridad, ya que se encuentran sistemas de

engranajes, motores y cadenas sin sus respectivas guardas de protección, en el caso de los bombos pulidores. Además el operador trabaja usando un tecele, con el cual transporta artesas de clavos por encima de su altura, creándose la necesidad de usar protección en la cabeza, la cual no existe en estos momentos.

La ignorancia es un factor que causa la presencia de accidentes de trabajo, ya que al no conocer el comportamiento de una máquina, o normas elementales de seguridad, el operador procederá según su instinto, el cual en la mayoría de casos es erróneo. De ahí la importancia de los planes de capacitación de la empresa hacia los empleados en el uso de herramientas de seguridad o manejo de situaciones de peligro.

Si tomamos en cuenta la idiosincrasia de las masas, debemos considerar inmediatamente el sentido de orden y limpieza que deben tener los trabajadores, ya que este puede crear una sensación psicológica de bienestar, en donde el trabajador se sienta seguro, trabajando con responsabilidad y concentrado. Estas situaciones provocan accidentes variados como choques con piezas y materiales, tropezones del personal, resbaladuras por grasas y materiales en los pies, heridas por puntas o clavos, etc.

### **3.6. Estudios de Tiempos de la línea de producción**

Dentro de las acciones recomendadas para conseguir una mayor productividad en una empresa está el Estudio de Tiempos a veces llamado Medición del Trabajo, el cual comprende la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, tomando en cuenta los distintos criterios de tolerancia como fatiga, demoras personales, retrasos inevitables, factores ambientales, etc. Cabe recalcar que un estudio de este tipo no se había realizado antes en esta línea de producción, por ende no existen datos históricos de estándares de tiempo o descripción de los procesos.

Para el efecto se utilizaron cronómetros de tipo digitales, los cuales tenían una exactitud de una centésima de segundo, aunque para los cálculos de los estándares solamente se consideraron los minutos y segundos ya que se tenían diferencias marcadas entre los tiempos obtenidos, se utilizó un formulario para estudio de tiempos del tipo paso a paso, el cual se lo puede observar en el apéndice J donde para su uso se siguieron los siguientes pasos:

a. Seleccionar el trabajo que se va a estudiar

- b. Hacer acopio de la información sobre el trabajo
- c. Dividir el trabajo en elementos
- d. Efectuar el estudio de tiempos con la obtención de los datos
- e. Calificar, nivelar, y normalizar el desempeño del operador
- f. Aplicar tolerancias
- g. Verificar la lógica

Obviamente los procesos a los cuales se les va a aplicar el estudio de tiempos son los de trefilado, formado de clavos y pulición y embalaje, que conforman la línea de producción, considerando además el estudio a operarios que no sean ni muy rápidos ni muy lentos además de que no tengan actitudes negativas que pudieran afectar su desempeño durante el estudio, también se tomó en cuenta el tiempo de experiencia del operador en el área el cual no puede ser menor de dos semanas.

Las tolerancias constituyen otras consideraciones que deben tener un trato especial, ya que ellas reflejan los retrasos que se dan en los procesos, si las tolerancias no expresan la realidad, los tiempos estándares obtenidos serán irreales y se tendrá una pérdida de recursos y de tiempo. La OIT (Oficina Internacional del Trabajo), ha tabulado el efecto de las condiciones laborales para

llegar a un factor de tolerancia por retrasos personales o por fatiga, dichas condiciones son nombradas a continuación con su respectivo rango de aplicaciones de tolerancias:

- a. Personales: Dependiendo de la experiencia que tenga el operador en el trabajo estudiado. (0% a 5%)
- b. Fatiga: Consideraciones sobre el tipo de trabajo que se realiza, de acuerdo a las exigencias de fuerza física que se requiere de parte del operador. (2% a 5%)
- c. Estar de pie: Trabajo realizado sentado o de pie. Obviamente el trabajo de pie tendrá una mayor concesión. (0% a 2%)
- d. Postura Anormal: En el caso de que la actividad realizada exija que el operador se mantenga por mucho tiempo en una postura incómoda que afecta a su rendimiento. (0%, 2%, 7%)
- e. Empleo de fuerza muscular: Aquí se considera la cantidad de libras o kilos que debe levantar o transportar el operador, si es el caso. (1%, 3%, 5%, 9%, 13%, 17%)
- f. Iluminación: Tomando en cuenta la cantidad de luz que se tiene en el puesto de trabajo. (0%, 2%, 5%)
- g. Condiciones atmosféricas: Aquí se consideran las partículas suspendidas en el ambiente que pudieran dificultar la

respiración, al igual que la temperatura del área en la cual se trabaja. (0% a 10%)

h. Atención al trabajo: Tiene que ver con el grado de concentración o atención. (0%, 2%, 5%)

i. Nivel de Ruido<sup>19</sup>: Se pondera la afectación que pudiera tener los niveles de ruido del lugar de trabajo en el operador al momento de realizar la actividad. (0%, 2%, 5%)

Las muestras de los tiempos fueron tomadas primeramente en número de diez, como lo indica el método seguido y en distintas horas de trabajo pero al mismo operador, considerando que la planta trabaja las 24 horas del día de lunes a domingo.

Se utilizarán procedimientos gráficos ya que proporcionan una descripción sistemática del ciclo de trabajo o proceso con suficientes detalles de análisis para planear la mejora de los métodos y su posterior presentación en forma de propuestas a los niveles de administración. Se realizarán Diagramas de Flujo de Procesos en los cuales se mostrará la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que se efectúen en el proceso o procedimiento, incluyendo

además información importante para el análisis como el tiempo requerido y la distancia recorrida.

Dentro de los diagramas de flujo de procesos se podrán observar gráficos que representan las distintas actividades de operación, transporte, almacenamiento, inspección y demoras, las mismas cuyo significado se presenta en el apéndice K. Los diferentes estudios de tiempos, para su mejor presentación, se los dividirá de acuerdo a los procesos de la línea de producción, explicando que procedimientos se han estudiado y sus variantes.

- **Proceso de Trefilado**

El funcionamiento de las máquinas trefiladoras es de tipo continuo, esto es, las máquinas tienen pocas razones para realizar paros, los cuales básicamente se deben a carga y descarga de material y calibraciones por cambio de medidas. Ambas características fueron tomadas en cuenta en el estudio de tiempo ya que constituyen los principales factores de pérdida de eficiencia.

El estudio se lo realizó en las 4 máquinas trefiladoras pertenecientes a la línea de clavos negros basándose en las

---

<sup>19</sup> Fuente: Ingeniería Industrial (métodos, tiempos y movimientos) por Niebel,

operaciones de calibración a realizar en los cambios de medida y en las descargas de material de las máquinas, el mismo presentado a continuación.

**a. Máquina trefiladora M-1**

- Descripción de la Operación: Cambio de la serie de hileras en la máquina trefiladora M-1 para producir alambre trefilado de diámetro 5.16 milímetros usado para fabricar clavos 4 x 6
- Departamento: Trefilado A
- Características: La máquina trefiladora M-1 consta de un solo bloque con una bobina doble, esto es, se debe realizar el cambio de dos hileras o dados. Durante el cambio de serie de hileras la máquina se encuentra parada
- Nombre del Operador: Sr. Colón Navarrete
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Cizalla #18, llave de tubo de 24", hileras, soldadora de tope.
- Notas o elementos extraños: Se aprecia un desorden en la ubicación de las herramientas. Pérdida de tiempo en buscar un dado guía. Dificultad en el uso de las herramientas usadas.

Pérdida de tiempo en el fabricar sello de cartón. Desorden en la ubicación del “perro”<sup>20</sup>.

- Operador asignado a dos máquinas

Por efectos de extensión, las tablas con las actividades de los procesos, tiempos obtenidos y tiempos estándares resultantes del estudio de tiempos se presentan en la sección de apéndices al final del documento. Además para ejemplificar el uso de las fórmulas estadísticas, solamente en el primer estudio de tiempos, correspondiente a la máquina M-1, se realizan los cálculos paso a paso. Como se indicó, las tablas con las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de la máquina M-1, tiempos de las actividades, tolerancias asignadas a cada actividad, tiempos normales, distancias recorridas, diagramas de proceso y tiempos estándares se presentan a partir del apéndice L.

En dicho apéndice podremos observar que el proceso de cambio de serie de hileras se ha dividido en 32 actividades, habiendo tomado el tiempo de cada una en 10 oportunidades para

---

<sup>20</sup> Perro.- Instrumento usado por los trefiladores el cual consta de una cadena que en un extremo posee un gancho para asegurar a la bobina y en el otro un sujetador de alambre para poder pasar la hebra por la hilera.

determinar el número de muestras necesarias calculando la media aritmética, usando la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n}$$

donde;

$\bar{x}$  = media aritmética

$i$  = índice

$n$  = número de muestras

$x_i$  = muestra  $i$  en segundos

La desviación estándar se la estimó con la siguiente fórmula.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

donde;

$s$  = desviación estándar

$i$  = índice

$n$  = número de muestras

$x_i$  = muestra  $i$  en segundos

$\bar{x}$  = media aritmética

Para determinar el número de muestras se utilizó la expresión:

$$N = \left( \frac{s \times m}{\bar{x} \times k} \right)^2_{21}$$

donde;

$N$  = número de muestras

$s$  = desviación estándar

$m$  = nivel de confianza<sup>22</sup>

$\bar{x}$  = media aritmética

$k$  = Nivel de exactitud<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Fuente de las fórmulas: Ingeniería Industrial (métodos, tiempos y movimientos) por Niebel, 9<sup>a</sup> edición, capítulo 14, páginas 387 a 389.

<sup>22</sup> El nivel de confianza para todos los cálculos se fijó en 95%.

<sup>23</sup> El nivel de exactitud para todos los cálculos se fijó en 8%.

Con estas expresiones se pudo determinar el número de muestras necesarias para que los datos tengan un nivel de confianza del 95% con un nivel de exactitud de 8%.

El siguiente paso en el estudio de tiempos es el de estimar las tolerancias asignables al proceso y al operador para lo cual, como se explicó antes, se usarán los porcentajes de tolerancias fijados por la OIT (Oficina Internacional del Trabajo). En el mismo apéndice L se presenta la tabla con las diferentes actividades de los procesos con los valores de tolerancias, expresados en porcentajes, asignados para cada categoría.

Conocidas las tolerancias para cada actividad, se continúa con la estimación del Factor de Evaluación, el cual se lo mide dependiendo de las características del operador seleccionado para la muestra, esto es, su grado de experiencia en las labores estudiadas. Se la mide en escala de porcentaje teniendo que el valor de factor de evaluación será mayor que 100% si el operador tiene un alto grado de experiencia, menor que 100 si el operador tiene un bajo grado de experiencia, e igual a 100 si el operador tiene conocimientos medios. Para el caso de este proceso se calificó al operador con un factor de evaluación de 100.

Posteriormente se sigue calculando el Tiempo Normal, el cual representa el tiempo que demora un operador normal trabajando a ritmo cómodo en producir una unidad, usando la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo de Ciclo Real} \times (\text{Factor de Evaluación} / 100)$$

donde;

Tiempo de Ciclo Real = Promedio de las N muestras tomadas

N = Número de muestras

Factor de Evaluación = 100% (variable dependiendo del operador)

En el apéndice L se presentan los tiempos de ciclo real y los tiempos normales de cada actividad del proceso estudiado. Con los datos recogidos se puede calcular el Tiempo Estándar, el cual se lo puede definir como el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una actividad u operación. En este caso se lo calculará sumando los Tiempos Estándares de las actividades que conforman el proceso; se lo hace de esa manera

ya que el tiempo de cada actividad varia por sus propias razones, ya sea por el tamaño, pesos, eventos controlados por el operador, controlados por la máquina, etc.

La expresión usada para calcular el Tiempo Estándar de cada actividad se la presenta a continuación:

$$\textit{Tiempo Estándar} = \textit{Tiempo Normal} / (1\text{-Factor de Concesión})^{24}$$

Teniendo toda esta información, podemos calcular los tiempos estándares de cada actividad, para al final sumarlos y obtener el tiempo estándar total del proceso. En el apéndice L se presenta el diagrama de flujo de procesos correspondiente al proceso estudiado con las distancias recorridas, los tiempos estándares de cada actividad y el tiempo estándar total, teniendo en resumen:

- a. Operaciones: 28, total: 27' 27"
- b. Transportes: 2, total: 1' 40"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 20"
- e. Demoras: 1, total: 4' 28"

Concluimos, que actualmente el tiempo estándar para realizar el cambio de la serie de hileras de la máquina trefiladora M-1 es de 7' 35" (treinta y siete minutos con treinta y cinco segundos), teniendo 32 actividades en total con una consideración de demora, la cual lleva un tiempo de 4 minutos y 38 segundos recorriendo el operador una distancia de 80 metros.

#### **b. Máquina Trefiladora M-1**

- Descripción de la Operación: Descarga de alambre trefilado de máquina M-1
- Departamento: Trefilado A
- Características: La máquina trefiladora M-1 consta de una bobina doble, cuya operación de descarga se la realiza parando la máquina y elevando, con el tecele, un portaalambre para descargar en un spider. Durante el cambio de serie de hileras la máquina se encuentra parada.
- Nombre del Operador: Sr. Colón Navarrete
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Cizalla #18, tecele de 3 toneladas de capacidad.

---

<sup>24</sup> Fuente de las fórmulas: Ingeniería Industrial (métodos, tiempos y movimientos) por Niebel, 9<sup>a</sup> edición, capítulo 17, página 459.

- Notas o elementos extraños: La operación de descarga del alambre se la realiza de 6 a 9 veces por turno.
- Operador asignado a dos máquinas

En el apéndice M se presentan las tablas correspondientes al estudio de tiempos del proceso de descarga de alambre trefilado de la máquina M-1. Teniendo que el tiempo estándar para que un operador pare la máquina trefiladora M-1 para descargar el alambre trefilado es de 2' 14" (dos minutos con catorce segundos), consistiendo el proceso de 3 actividades, dos operaciones y un transporte sin ninguna demora.

### **c. Máquina M-10**

- Descripción de la Operación: Cambio de serie de hileras de la máquina trefiladora M-10 para producir alambre trefilado de diámetro 1.65 milímetros utilizado para producir clavo 1 x 16.
- Departamento: Trefilado C
- Características: La máquina trefiladora M-10 consta de 8 bloques con 8 bobinas siendo dos del tipo bobina doble. Para el trefilado de diámetro 1.65 milímetros solamente se utilizan las 7 primeras bobinas sumando en total 9 hileras que cambiar. Durante el cambio de hileras la máquina se encuentra parada.

- Nombre del Operador: Sr. Jaime Ortiz.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Cizalla #18, 9 hileras, llave de tubo de 24", soldadora de tope, puente grúa de 3.5 toneladas.
- Notas o elementos extraños: No se encuentra un lugar establecido de ubicación de las herramientas usadas
- Operador asignado a dos máquinas

En el apéndice N se presentan los datos correspondientes al estudio de tiempos del proceso de cambio de serie de hileras de la máquina trefiladora M-10. En resumen se tiene lo siguiente:

- a. Operaciones: 43, total: 1h 42' 11"
- b. Transportes: 2, total: 5' 59"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 26"
- e. Demoras: 1, total: 5' 20"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie la serie de hileras de la máquina M-10 es de 1h 53' 44" (una hora, cincuenta y tres minutos y cuarenta y cuatro segundos), consistiendo el proceso de 47 actividades, 43 operaciones, dos

transportes, una inspección y una demora de 5' 20" con un recorrido del operador de 90 metros.

#### **d. Máquina K-5**

- Descripción de la Operación: Cambio de serie de hileras de la máquina trefiladora K-5 para producir alambre trefilado de diámetro 3.40 milímetros utilizado para producir clavo 2 ½ x 10.
- Departamento: Trefilado B
- Características: La máquina trefiladora K-5 consta de 5 bloques con 5 bobinas. Para el trefilado de diámetro 3.40 milímetros se utilizan todas las bobinas sumando en total 5 hileras que cambian. Durante el cambio de serie de hileras la máquina se encuentra parada.
- Nombre del Operador: Sr. José Llerena.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Cizalla #18, 5 hileras, llave de tubo de 24", soldadora de tope.
- Notas o elementos extraños: La colocación de alambrón en las cañoneras la realiza el montacargas de turno.
- Operador asignado a dos máquinas

En el anexo O se presentan las tablas y datos correspondientes al estudio de tiempos del proceso de cambio de serie de hileras de la máquina K-5. En resumen se tiene:

- a. Operaciones: 13, total: 50' 36"
- b. Transportes: 1, total: 3' 10"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 17"
- e. Demoras: 1, total: 4' 45"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie la serie de hileras de la máquina K-5 es de 50' 36" (cincuenta minutos y treinta y seis segundos), consistiendo el proceso de 16 actividades, 13 operaciones, un transporte, una inspección y una demora de 4' 45" con un recorrido del operador de 82 metros en esa actividad.

#### **e. Máquina K-6**

- Descripción de la Operación: Cambio de serie de hileras de la máquina trefiladora K-6 para producir alambre trefilado de diámetro 2.77 milímetros utilizado para producir clavo 2 x 12.
- Departamento: Trefilado B

- Características: La máquina trefiladora K-6 consta de 6 bloques con 6 bobinas. Para el trefilado de diámetro 2.77 milímetros se utilizan todas las bobinas sumando en total 6 hileras que cambiar. Durante el cambio de serie de hileras la máquina se encuentra parada.
- Nombre del Operador: Sr. José Llerena.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Cizalla #18, 6 hileras, llave de tubo de 24", soldadora de tope.
- Notas o elementos extraños: La colocación de alambón en las cañoneras la realiza el montacargas de turno.
- Operador asignado a dos máquinas

En el anexo P se presentan en las tablas y valores correspondientes al estudio de tiempos de las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de la máquina K-6. En resumen se tiene:

- a. Operaciones: 15, total: 1h 09' 09"
- b. Transportes: 1, total: 2' 58"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 18"

e. Demoras: 1, total: 5' 23"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie la serie de hileras de la máquina K-6 es de 1h 17' 48" (una hora, diecisiete minutos y cuarenta y ocho segundos), consistiendo el proceso de 18 actividades, 15 operaciones, un transporte, una inspección y una demora de 5' 23" con un recorrido del operador de 89 metros en esa actividad.

- **Proceso de Formado de Clavo**

Este proceso se da en el área de formado de clavo, donde están situadas 24 máquinas claveras, las mismas que tienen diferente tamaño y características. Las máquinas claveras tienen, al igual que las trefiladoras, un trabajo continuo, parando solamente para cargar y descargar las artesas de clavo y para realizar calibraciones o cambio de herramientas.

En el caso de carga y descarga la frecuencia depende del tipo de máquina, pudiendo ser desde una artesa por día, hasta 4 artesas por turno; en cambio, las operaciones de calibración o cambio de herramientas se dan en forma esporádica, sin tener alguna tendencia estudiada de su comportamiento.

El cambio de herramientas consiste en el cambio del par de cuchillas y del par de mordazas, dándose este proceso cuando la máquina lo necesita o cuando se programe un cambio de medida de clavo, siendo estas herramientas independientes por lo cual, el estudio de tiempos se dividirá analizando cada cambio por individual para cada máquina. A continuación se detallará el estudio de tiempos para cada tipo de máquina, dividiendo los procesos en cambio de cuchillas y cambio de mordazas.

#### **a. Máquina Clavera N° 3**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°3.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°3 es la más pequeña existente en la planta pudiendo formar clavos desde 1 pulgada hasta 1 ½ pulgada.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave allen de ¼, llave mixta #8, llave mixta #19, llave mixta #10, dado #17 y #19 más palanca, .
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.

- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el anexo Q se presentan los datos y tablas correspondientes al estudio de tiempos proceso de cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°3. En resumen se tiene:

- a. Operaciones: 26, total: 37' 47"
- b. Transportes: 3, total: 2' 16"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 28"
- e. Demoras: 1, total: 29"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera N°3 es de 42' (cuarenta y dos minutos), consistiendo el proceso de 31 actividades, 26 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 29" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 18 metros.

#### **b. Máquina Clavera N°3**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°3.

- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°3 es la más pequeña existente en la planta pudiendo formar clavos desde 1 pulgada hasta 1 ½ pulgada.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave allen de ¼, llave mixta #8, llave mixta #19, llave mixta #10, dado #17 y #19 más palanca, .
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice R se muestran los datos obtenidos del estudio de tiempos del proceso del cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°3. En resumen se puede decir:

- a. Operaciones: 6, total: 18'
- b. Transportes: 1, total: 33" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 5' 16"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera N°3 es de 23' 49" (veinte y tres minutos y cuarenta y nueve segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transportes y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 2 metros.

#### **c. Máquina clavera N°4**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°4.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°4 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta pudiendo formar clavos desde 2 pulgadas hasta 2 ½ pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #22, llave mixta #10, llave mixta #16, llave mixta #24, llave #16, llave allen 11, dado #15 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el anexo S se presentan todos los valores utilizados para el estudio de tiempos del proceso del cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°4. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 23, total: 34' 51"
- b. Transportes: 3, total: 2' 22"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 05"
- e. Demoras: 1, total: 38"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera N°4 es de 38' 56" (treinta y ocho minutos y cincuenta y seis segundos), consistiendo el proceso de 28 actividades, 23 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 38" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 9 metros.

#### **d. Máquina clavera N°4**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°4.
- Departamento: Clavería

- Características: La máquina clavera N°4 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta pudiendo formar clavos desde 2 pulgadas hasta 2 ½ pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #22, llave mixta #10, llave mixta #16, llave mixta #24, llave #16, llave allen 11, dado #15 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice T se muestran los valores obtenidos del estudio de tiempos del proceso de cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°4. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 6, total: 14' 22"
- b. Transportes: 1, total: 2' 05" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 3' 30"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera N°4 es de 19' 57" (diecinueve minutos y cincuenta y siete segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transportes y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 4 metros.

#### **e. Máquina N°75**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°75.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°75 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta, parecida en dimensiones y características a una N°4, pudiendo formar clavos desde 2 pulgadas hasta 2 ½ pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #22, llave mixta #10, llave mixta #12, llave mixta #14, dado #22 y #14 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice U se muestran los datos y tablas resultantes del estudio de tiempos del proceso de cambio de mordazas de la máquina clavera N°75. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 19, total: 32' 19"
- b. Transportes: 3, total: 2' 05"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 15"
- e. Demoras: 1, total: 24"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera N°75 es de 36' 03" (treinta y seis minutos y tres segundos), consistiendo el proceso de 24 actividades, 19 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 38" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 9 metros.

**f. Máquina Clavera N°75**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°75.
- Departamento: Clavería

- Características: La máquina clavera N°75 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta, similar en tamaño y características a una N°4, pudiendo formar clavos desde 2 pulgadas hasta 2 ½ pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #22, llave mixta #10, llave mixta #12, llave mixta #14, dado #22 y #14 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice V se presentan los valores y tablas obtenidos del estudio de tiempos del proceso del cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°75. En resumen se obtuvieron los siguientes datos:

- a. Operaciones: 6, total: 15' 25"
- b. Transportes: 1, total: 1' 50" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 3' 30"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera N°75 es de 20' 45" (veinte minutos y cuarenta y cinco segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transporte y una inspección, con una distancia recorrida por el operador de 5 m.

#### **g. Máquina clavera N°5**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°5.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°5 es una máquina que se al puede definir de tamaño grande existente en la planta. La misma puede formar clavos desde 2 ½ pulgadas hasta 3 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #24, llave mixta #22, llave mixta #13, llave mixta #14, llave mixta #10, llave #17, dado #22 y #27 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice W se presentan los datos y valores del estudio de tiempos del proceso del cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°5. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 23, total: 37' 00"
- b. Transportes: 3, total: 2' 00"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 03"
- e. Demoras: 1, total: 28"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera N°5 es de 41' 06" (cuarenta y un minuto y seis segundos), consistiendo el proceso de 28 actividades, 23 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 38" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 10 metros.

#### **h. Máquina clavera N°5**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°5.
- Departamento: Clavería

- Características: La máquina clavera N°5 es una máquina de tamaño grande existente en la planta pudiendo formar clavos desde 2 ½ pulgadas hasta 3 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #24, llave mixta #13, llave mixta #14, llave mixta #10, llave #17, dado #22 y #27 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice X se presentan las tablas los valores correspondientes al estudio de tiempos del proceso del cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°5. En resumen se obtuvo:

- a. Operaciones: 6, total: 18' 50"
- b. Transportes: 1, total: 1' 53" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 4' 05"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera N°5 es de 24' 48" (veinte y cuatro minutos y cuarenta y ocho segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transportes y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 5 metros.

**i. Máquina clavera N°6**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°6.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°6 es la más grande existente en la planta pudiendo formar clavos desde 3 pulgadas hasta 4 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave mixta #30, llave mixta #8, llave mixta #16, llave mixta #19, llave mixta #22 y #20, llave mixta #24 y #26, llave mixta #29, llave mixta #14, dado #19 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.

- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice Y se muestran los valores correspondientes al estudio de tiempos de cambio del par de mordazas de la máquina clavera N°6. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 26, total: 45' 07"
- b. Transportes: 3, total: 2' 16"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 13"
- e. Demoras: 1, total: 28"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera N°6 es de 49' 04" (cuarenta y nueve minutos y cuatro segundos), consistiendo el proceso de 31 actividades, 26 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 28" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 24 metros.

#### **j. Máquina Clavera N°6**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°6.

- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera N°6 es la más grande existente en la planta pudiendo formar clavos desde 3 pulgadas hasta 4 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave mixta #30, llave mixta #8, llave mixta #16, llave mixta #19, llave mixta #22 y #20, llave mixta #24 y #26, llave mixta #29, llave mixta #14, dado #19 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice Z se muestran las tablas obtenidas del estudio de tiempos del proceso de cambio del par de cuchillas de la máquina clavera N°6. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 6, total: 16' 05"
- b. Transportes: 1, total: 56" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 3' 37"

e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera N°6 es de 20' 38" (veinte minutos y treinta y ocho segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transportes y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 3 metros.

#### **k. Máquina Clavera S 90**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de la máquina clavera S 90.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera S 90 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta , parecida a la N°75, pudiendo formar clavos desde 1 ½ pulgadas hasta 2 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #14, llave mixta #24, llave mixta #17, llave mixta #16, llave mixta #14, llave mixta #11, dado #22 y #24 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.

- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice AA se muestran los valores obtenidos del estudio de tiempos del proceso del cambio del par de mordazas de la máquina clavera S 90. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 19, total: 29' 36"
- b. Transportes: 3, total: 2' 23"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 03"
- e. Demoras: 1, total: 27"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de la máquina clavera S 90 es de 33' 29" (treinta y tres minutos y veintinueve segundos), consistiendo el proceso de 24 actividades, 19 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 38" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 4 metros.

#### **I. Máquina Clavera S 90**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de la máquina clavera S 90.

- Departamento: Clavería
- Características: La máquina clavera S 90 es una máquina de tamaño mediano existente en la planta , parecida a la N°75, pudiendo formar clavos desde 1 ½ pulgadas hasta 2 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #14, llave mixta #24, llave mixta #17, llave mixta #16, llave mixta #14, llave mixta #11, dado #22 y #24 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice AB se muestran los valores correspondientes la estudio de tiempos del proceso del cambio del par de cuchillas de la máquina clavera S 90. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 6, total: 12' 11"
- b. Transportes: 1, total: 2' 11" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 3' 11"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de la máquina clavera S 90 es de 12' 11" (doce minutos y once segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transporte y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 1.5 metros.

**f. Máquinas Claveras S 170 y W S100**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de mordazas de las máquinas claveras S 170 y W S 100.
- Departamento: Clavería
- Características: La máquinas claveras S 170 y W S 100 son unas máquinas de tamaño grande existente en la planta , parecida a las N°5, pudiendo formar clavos desde 2 ½ pulgadas hasta 3 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #16 y #19, llave mixta #27, llave mixta #13 y #30, llave mixta #14 y #17, llave mixta #24, llave mixta #22, llave allen #12 y #14, dado #10 y #24 más palanca.
- Notas o elementos extraños: Este proceso no tiene una periodicidad definida. Ruido excesivo en el área. Piso resbaloso.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice AC se presentan los valores correspondientes al estudio de tiempos del proceso de cambio del par de mordazas de la máquina clavera S 170 y W S 100. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 19, total: 47' 35"
- b. Transportes: 3, total: 1' 58"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 1' 24"
- e. Demoras: 1, total: 38"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de mordazas de las máquinas claveras S 170 y W S 100 es de 51' 35" (cincuenta y un minuto y treinta y cinco segundos), consistiendo el proceso de 24 actividades, 19 operaciones, 3 transportes, una inspección y una demora de 38" con un recorrido máximo en una actividad del operador de 8 metros.

**g. Máquinas Claveras S 170 y W S 100**

- Descripción de la Operación: Cambio del par de cuchillas de las máquinas claveras S 170 y W S 100.
- Departamento: Clavería

- Características: La máquinas claveras S 170 y W S 100 son unas máquinas de tamaño grande existente en la planta , parecida a las N°5, pudiendo formar clavos desde 2 ½ pulgadas hasta 3 pulgadas.
- Nombre del Operador: Sr. Pedro Tamayo.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Llave #16, llave mixta #19, llave mixta #27, llave mixta #13, llave mixta #30, llave mixta #14, llave mixta #17, llave mixta #24, llave mixta #22, llave allen #12 y #14, dado #10 y #24 más palanca.
- Un operador asignado a doce máquinas claveras.

En el apéndice AD se presentan las tablas con los valores obtenidos del estudio de tiempos del proceso del cambio del par de cuchillas de la máquina clavera S 170 y W S 100. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 6, total: 18' 06"
- b. Transportes: 1, total: 1' 14" (combinado con una operación)
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 2' 38"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cambie el par de cuchillas de las máquinas claveras S 170 y W S 100 es de 21' 58" (veinte y un minuto y cincuenta y ocho segundos), consistiendo el proceso de 8 actividades, 6 operaciones, 1 transportes y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 2 metros.

- **Proceso de Pulición y Embalaje**

El proceso de pulición y embalaje se da en un área cerca al área de formado de clavos, siendo el último de la línea de clavos negros, por ende es por el cual sale el producto terminado. Como están asignados en el área dos operadores, y el proceso de pulido es independiente al de embalado, para efectos del estudio de tiempos se los ha dividido, de esa manera primero se analizarán los tiempos del proceso de pulido y al final el de embalado.

El proceso de pulido se da con cuatro bombos pulidores, no obstante, en el momento de realizar el estudio y hasta que se ha redactado el mismo, el bombo #4 está en mantenimiento sin funcionar, por ende no fue incluido en el estudio. En cambio que el proceso de embalado se da con una máquina embaladora

automática, en la cual es operador solo tiene que colocar la caja y verificar el peso antes de sellarla y paletizarla.

A continuación se presenta el análisis de los tiempos del proceso de pulido y del proceso de embalado.

#### **a. Bombos Pulidores**

- Descripción de la Operación: Carga, pulición y descarga de los clavos en los bombos pulidores antes de ser embalados.
- Departamento: Pulición
- Características: Los tres bombos pulidores se llenan con una artesa de clavo, la cual es pulida y luego aspirada, para posteriormente ser embalada.
- Nombre del Operador: Sr. José Mantilla.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Tecla de 500 Kg. de capacidad, artesas vacías, aserrín, escoba, balde plástico.
- Notas o elementos extraños: No se encuentra un lugar establecido de ubicación de las herramientas usadas. El bombo #4 está instalado pero no en funcionamiento desde hace más de 6 meses.
- Un operador asignado a los cuatro bombos pulidores.

En el apéndice AE se presentan los valores obtenidos del estudio de tiempos del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores. En resumen se obtuvo lo siguiente:

- a. Operaciones: 30, total: 22' 01"
- b. Transportes: 23, total: 19' 31"
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 0
- e. Demoras: 1, total: 28' 11"

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador cargue, pule y descargue los clavos de los tres bombos pulidores es de 1h 09' 43" (una hora, nueve minutos y cuarenta y tres segundos), consistiendo el proceso de 54 actividades, 30 operaciones, 23 transportes, y una demora de 28' 11" con un recorrido máximo en una actividad del operador y del tecla de 27 metros.

La demora que se da en este proceso es la correspondiente al tiempo que debe esperar el operador hasta que este listo el clavo del primer bombo cargado, ya que además del tiempo de carga y descarga, está el tiempo de pulido (30 minutos) y el de aspirado (10 minutos).

**f. Embaladora (Embalado de caja de 25 Kg)**

- Descripción de la Operación: Embalaje de clavos en cajas de 25 kg. para ser paletizadas y almacenadas como producto final.
- Departamento: Pulición y Embalaje
- Características: La máquina embaladora es de tipo automática, en donde el operador solo tiene que poner la caja vacía y verificar el peso. Después las cajas llenas son paletizadas en número de 64 y son llevadas a la bodega de producto final.
- Nombre del Operador: Carlos Toala.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Caja de cartón de 25 Kgs., pallets de madera, engrapadora.
- Un operador asignado a la máquina embaladora.

En el apéndice AF se presentan los valores correspondientes al estudio de tiempos del proceso de embalaje de cajas de 25 kg. En resumen se obtuvieron los siguiente datos:

- a. Operaciones: 5, total: 2h 20' 27"
- b. Transportes: 0
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 24'

e. Demoras: 0

El tiempo estándar para que un operador llene, selle y paletice 64 cajas de clavos de 25 Kg. de peso es de 2h 44' 27" (dos horas, cuarenta y cuatro minutos y veintisiete segundos), consistiendo el proceso de 6 actividades, 5 operaciones y una inspección, con una distancia recorrida por el operador de 3 m.

**g. Embaladora (Embalado de caja de 10 Kgs.)**

- Descripción de la Operación: Embalaje de clavos en cajas de 10 Kgs. de peso para ser paletizadas y almacenadas como producto final.
- Departamento: Pulición y Embalaje
- Características: La máquina embaladora es de tipo automática, en donde el operador solo tiene que poner la caja vacía y verificar el peso. Después las cajas llenas son paletizadas en número de 64 y son llevadas a la bodega de producto final.
- Nombre del Operador: Carlos Toala.
- Tipo de Cronometraje: Con regreso
- Herramientas usadas: Caja de cartón de 10 Kgs., pallets de madera, engrapadora.
- Un operador asignado a la máquina embaladora.

En el apéndice AG se presentan las tablas con los valores obtenidos en el estudio de tiempos del proceso de embalaje de cajas de 10 kg. En resumen se obtuvieron los siguientes datos:

- a. Operaciones: 5, total: 1h 58' 44"
- b. Transportes: 0
- c. Almacenamientos: 0
- d. Inspecciones: 1, total: 28' 42"
- e. Demoras: 0

Se concluye que el tiempo estándar para que un operador llene, selle y paletize 64 cajas de clavos de 10 Kgs. de peso es de 1h 58' 44" (una hora, cincuenta y ocho minutos y cuarenta y cuatro segundos), consistiendo el proceso de 6 actividades, 5 operaciones y una inspección, con una distancia máxima recorrida por el operador de 3 metros al momento de paletizar las cajas.

De esta forma se concluye con los estudios de tiempos de los principales procesos que se dan en las diferentes áreas de la línea de clavos negros. En el siguiente capítulo de esta tesis, se realizará un análisis más profundo de los estudios aquí presentados para determinar los puntos de mejora en los procesos

y sus tiempos. En la siguiente tabla se muestra en resumen los tiempos obtenidos para cada proceso.

TABLA XXXV  
TIEMPOS ESTÁNDARES DE LOS PROCESOS ESTUDIADOS DE LA  
LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CLAVOS NEGROS

Proceso	Tiempo estándar
Cambio de hileras en M-1	37' 35''
Descarga de alambre en M-1	2' 14''
Cambio de hileras en M-10	1h 53' 44''
Cambio de hileras en K-5	50' 36''
Cambio de hileras en K-6	1h 17' 48''
Cambio de par de mordazas en N°3	42'
Cambio de par de cuchillas en N°3	23' 49''
Cambio de par de mordazas en N°4	38' 56''
Cambio de par de cuchillas en N°4	19' 57''
Cambio de par de mordazas en N°75	36' 03''
Cambio de par de cuchillas en N°75	20' 45''
Cambio de par de mordazas en N°5	41' 06''
Cambio de par de cuchillas en N°5	24' 48''
Cambio de par de mordazas en N°6	49' 04''

Proceso	Tiempo estándar
Cambio de par de cuchillas en N°6	20' 38''
Cambio de par de mordazas en S 90	33' 29''
Cambio de par de cuchillas en S 90	12' 11''
Cambio de par de mordazas en S 170 y W S100	51' 35''
Cambio de par de cuchillas en S 170 y W S100	18' 06''
Carga y descarga de bombos pulidores de clavos	1h 09' 43''
Embalaje de 64 cajas con clavos de 25 kg	2h 44' 27''
Embalaje de 64 cajas con clavos de 10 kg	1h 58' 44''

### **3.7. Relaciones funcionales de la línea de producción de clavos negros con las demás áreas de la planta**

Como se mencionó en el capítulo 1, la planta industrial procesa alambres de acero para convertirlos en varios productos de uso en la construcción, ferretería, carpintería, etc. por ende, la línea de producción de clavos negros, aunque sea la más importante, no es la única. Por esto, la misma guarda una relación con las demás, inclusive con los departamentos administrativos, los cuales guardan cierta relación de tipo directa o indirecta.

En la tabla XXXV se analizarán las relaciones funcionales existentes entre las distintas áreas productivas de la planta y

inclusive con los departamentos administrativos o de servicios con la línea de producción de clavos negros, la misma que en algunos casos no se da, ya que no existe relación alguna, por ende esta será una relación nula, ya sea por causa del proceso otras circunstancias.

TABLA XXXVI  
RELACIONES FUNCIONALES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
DE CLAVOS NEGROS CON EL RESTO DE ÁREAS DE LA  
PLANTA

Área	Relación Funcional
Trefilado	En la planta existen 11 máquinas trefiladoras, las mismas que procesan alambres a diferentes diámetros, dependiendo de las necesidades de los procesos. Cuatro son las que proveen de alambre a las máquinas claveras para producir clavos, y como se puede observar en el balanceo de la línea mostrado en la figura 3.15 la capacidad de producción de las 4 máquinas satisface las necesidades del proceso siguiente, teniendo inclusive bancos.
Enderezado	No existe relación

Área	Relación Funcional
Malla Armex	No existe relación
Al. Recocido	Existe una relación débil al momento de recocer alambre de diámetro 1.65 mm, medida usada también para producir clavo de 1 x 16, el cual es producido por la máquina M-10, pero como la necesidad de alambre 1.65 mm, de diferentes especificaciones al usado en clavería, es muy baja, (ni un 1% de la producción total de la planta), no existe relación influyente en el desenvolvimiento de la línea de producción.
Galv. Electrol.	No existe relación
Al. De Púas	No existe relación
Gaviones	No existe relación
Cl. Helicoidal	En el área de formado de clavo se destina, cuando se requiere, una máquina para que pique clavo de 2 ¼ de pulgada de largo destinado para las máquinas de clavo helicoidal, pero, por lo pequeño de los requerimientos (700 Kgs. por turno), y por lo irregular de la producción de esa área, la relación entre las mismas no es influyente en el desenvolvimiento de la línea de producción.

Área	Relación Funcional
Bodega de materia prima	Se coordina la existencia de materia prima, en este caso el alambón, para poder programar la fabricación de las cantidades de clavos respecto a la cantidad de alambre trefilado y a la vez que este entregue las cantidades necesitadas. Con la bodega de Insumo se coordinan los stocks de hileras para las máquinas trefiladoras, ya que la no existencia de una medida, puede afectar el trabajo de una máquina trefiladora. Además se lleva el control de los stocks de jabón lubricante de trefilado, fichas y empaques para las hileras y materiales de trabajo de los operadores.
MII. Cuadrada	No existe relación
Bodega de producto final	Se coordina los ingresos de producto final en el sistema informático de la empresa, ya que es el jefe de bodega la única persona autorizada para realizar los ingresos y egresos de producto de los stocks.
Dep. Producción	Por obvias razones existe una relación de dependencia entre estos departamentos, la cual se explica en detalle en el siguiente literal.

Área	Relación Funcional
Dep. Administrativo	Los operadores hacia las personas encargadas de los aspectos administrativos fuera del alcance del departamento de producción, como pago de sueldos, préstamos, pensiones, etc. Por ese motivo, la relación solo se da en lo que tiene que ver al bienestar del personal de operadores.
Dep. Médico	El departamento médico, es el encargado de tratar una enfermedad, haciendo conocer al Departamento de Producción de la ausencia por algún tiempo del operador, teniendo que reasignar personal a cualquier proceso de la línea o en último de los casos, suspendiéndola hasta el siguiente turno.
Dep. Mantenimiento	Explicada a continuación

- **Departamento de Mantenimiento**

Con este departamento se guarda la relación más estrecha en comparación con las demás, ya que es el brazo ejecutor de todas las reparaciones y es en este aspecto es donde se debe tener un mejoramiento ya que los daños de máquinas causan que las

mismas se paralicen constituyendo ese efecto en el 83.07% del total de costos de la línea, en comparación a los demás problemas existentes.

El flujo de información de los problemas de mantenimiento de las máquinas se da de varias maneras, primero la forma directa, esta es, que el operador personalmente acude a la oficina del Jefe de mantenimiento a notificarle de la novedad, pocas ocasiones son en las que ese reporte verbal se ve apoyado por uno escrito. Otra manera es en la cual el operador informa verbalmente al jefe de producción o jefe de turno sobre la novedad en alguna de las máquinas, para lo cual, el superior tomará las medidas pertinentes para informar al departamento de mantenimiento.

A continuación, en la tabla XXXVI, se realizará un análisis detallado de las horas de paros de máquinas por razones de mantenimiento, nombrando las causas más comunes. Se revisaron las órdenes de mantenimiento emitidas desde el primero de enero del 2001 hasta el 3 de septiembre del mismo año, cubriendo un periodo de 8 meses, teniendo en ese lapso 241 días o 5,362.25 horas de trabajo.

TABLA XXXVII  
ANÁLISIS DE LAS HORAS DE PARO DE MÁQUINAS CON SUS CAUSAS  
MÁS COMUNES

Máquina	Horas de paro	% respecto del total de horas estudiadas	Razones con más índice de frecuencia
M-1	1,459.40	27.22	No existen razones con alto índice de frecuencia
M-10	1,039.75	19.39	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en el sistema de enfriamiento por agua de las bobinas</li> <li>• Daños en las fajas de freno de las bobinas</li> <li>• Escapes de aceite</li> <li>• Fallas eléctricas generales</li> </ul>
K-5	766.15	14.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en los rodillos de entrada al decalaminador</li> <li>• Metalización de bobinas (efectuado en la matriz Quito)</li> <li>• Reparación de brazos devanadores en bobinas</li> </ul>

Máquina	Horas de paro	% respecto del total de horas estudiadas	Razones con más índice de frecuencia
K-6	1,271.92	23.72	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en los rodillos de entrada al decalaminador</li> <li>• Fallas eléctricas</li> </ul>
Claveras	3,955.69 <sup>25</sup>	3.07	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación de portamartillos y martillos</li> <li>• Reparación de brazos de avance o de bielas</li> <li>• Reparaciones en cañerías de lubricación</li> <li>• Reparación de guías</li> </ul>
Claveras	3,955.69 <sup>26</sup>	3.07	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazo pernos rotos</li> <li>• Reparación de rodillos</li> <li>• Reparación de platos devanadores</li> <li>• Reparaciones en motores</li> <li>• Reparaciones en sistema de cañerías de lubricación de máquinas</li> </ul>

<sup>25</sup> Tiempo en total incluyendo las 24 máquinas claveras, o sea 164.8 horas de promedio por máquina

Máquina	Horas de paro	% respecto del total de horas estudiadas	Razones con más índice de frecuencia
Bombos pulidores y Embaladora	329.22	6.14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparaciones varias en el venterol</li> <li>• Cambio de resortes en zaranda</li> <li>• Reparaciones en el teclé y su riel guía</li> <li>• Reparaciones en la banda transportadora</li> </ul>

### 3.8. Descripción y análisis del flujo de información entre los departamentos participantes del proceso de planificación

El proceso de planificación de los productos y cantidades a producir tiene dos escenarios, primeramente en las oficinas principales en Quito, y el otro en el departamento de producción de la planta misma en la ciudad de Guayaquil.

En la ciudad de Quito se reúnen cada martes los principales ejecutivos de la compañía para revisar stocks actuales en todas las bodegas del país, el movimiento de las ventas, las órdenes de

<sup>26</sup> Tiempo en total incluyendo las 24 máquinas claveras, o sea 164.8 horas

compras en firme, los stocks de seguridad, las proyecciones de demanda, etc. de todos los productos que producen las plantas de Quito y Guayaquil, luego de lo cual y por medio de la ayuda de software y criterios propios, se toman las decisiones de que productos se deben fabricar en cada planta y en que cantidades. Dicha información es enviada el mismo día a los gerentes de plantas y jefes de producción de Quito y Guayaquil

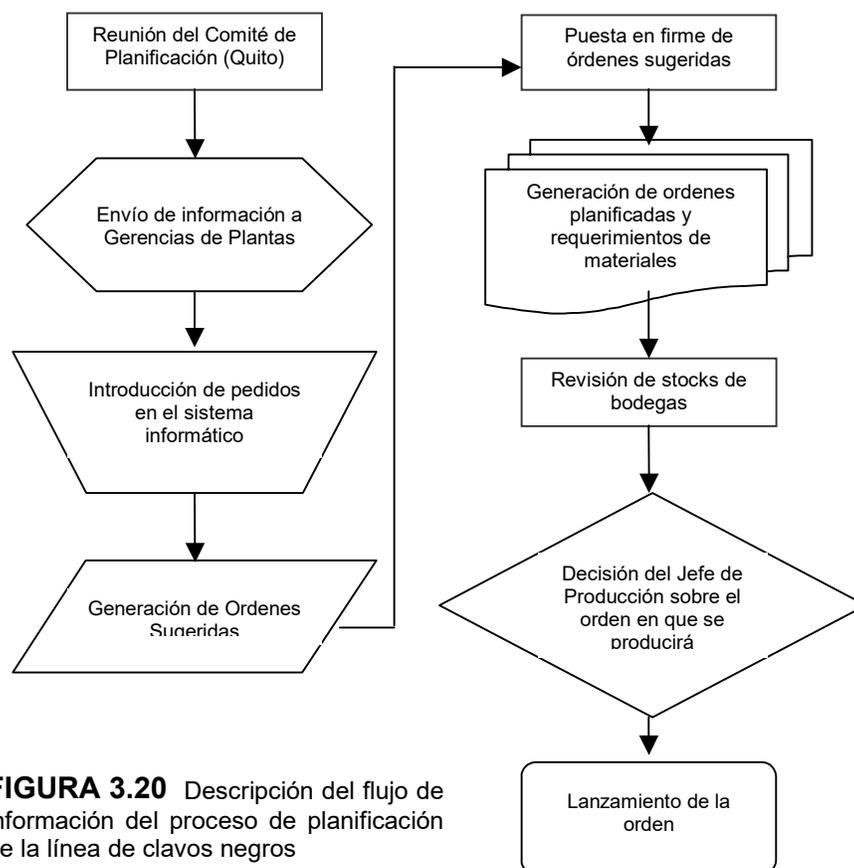
En este punto, en el caso de la planta de Guayaquil, cada uno de los pedidos es ingresado al sistema informático y procesado para que automáticamente se generen órdenes de producción sugeridas de productos intermedios, las mismas que son revisadas por el jefe de producción y puestas en firma para que se conviertan en órdenes de fabricación reales. Pero es el mismo Jefe de producción, que con el criterio del Gerente de Planta, decide el orden de fabricación de los productos requeridos en la lista enviada desde Quito, basándose en los stocks existentes en las bodegas a las cuales son responsables de proveer. Por ese motivo la producción de la línea de clavos negros no es rígida y está sujeta a cambios dependiendo de la demanda de esos momentos.

---

de promedio por máquina

Existen ocasiones en las que por urgencias de entregar cierto producto, el comité de planificación desde Quito, envía la orden de realizar un pedido en especial de forma inmediata, causando que se tengan que cambiar las calibraciones de las máquinas si es que no se estaba realizando ese producto en ese momento, teniendo por consiguiente paros de máquinas por razones no previstas.

En la siguiente figura se ilustra el proceso de planeación de la producción de la línea de clavos negros.



**FIGURA 3.20** Descripción del flujo de información del proceso de planeación de la línea de clavos negros

Los procesos de planificación de las cantidades de materias primas e insumos usados en la línea de producción se realizan en la ciudad de Quito, ya que allí, en el departamento de comercio exterior se realizan las negociaciones por mayor, ya que los insumos de la línea son los mismos de las demás líneas.

El proceso de planificación de compra de materias primas que guarda más complejidad es el del alambrón, ya que la parte de negociación de precios es manejada personalmente por el Presiden Ejecutivo de la empresa, y las acciones de importación las lleva el Departamento de Comercio Exterior.

La planta es informada, por parte del departamento de Comercio Exterior, de los camiones que llegarán del puerto con alambrón, detallando cantidad y tipo. El detalle completo de este proceso de planificación no fue revelado por parte de la empresa, ya que es parte de una ventaja competitiva.

### **3.9. Comprobación de las hipótesis planteadas sobre los paros de máquinas de la línea de producción**

En este punto del estudio, una vez que se conocen todos los aspectos físicos, funcionales y de planificación de la línea de

producción de clavos negros, es necesario realizar la comprobación de las hipótesis planteadas en el literal 3.1 de este capítulo, con lo cual podremos identificar las causas más influyentes de los paros de máquinas.

Para el efecto se usarán las tablas XXI, XXII, XXIII, del literal 3.1, analizando la variable independiente, fundamento de la hipótesis, para posteriormente demostrarla usando la vía de comprobación. Se dividirán las comprobaciones en los tres procesos de la línea y se analizarán las hipótesis individualmente.

- **Paros de máquinas del proceso de trefilado**

1. **Hipótesis:** La poca supervisión del operador a la máquina causa los paros de la misma.

- Variable Independiente: Supervisión de la máquina por parte del operador.

- Vía de Comprobación: Análisis del sistema de control en proceso que se usa en la línea.

- Comprobación: Una vez analizada la forma de trabajar de todos los operadores del proceso de trefilado y preguntando directamente a la persona encargada de la gestión de calidad, se encontró que si existe documentación sobre sistemas de

control en proceso, pero los mismos no son conocidos por los operadores de la línea. Además dichos procedimientos de control son los que están establecidos para otras plantas que también procesan productos de alambre, teniendo que revisarlos, para su posible adaptación a las condiciones y realidades del proceso que se da en esta planta.

- Conclusión: Esta hipótesis es correcta, ya que aunque exista documentación sobre controles en línea usada en otras plantas, su no adaptación y aplicación a los procesos de trefilado hacen que el operador no tenga establecido cuando ni como realizar inspecciones provocando que no se detecten los problemas a tiempo.

2. **Hipótesis:** La poca capacitación o actualización de conocimientos a los operadores de la línea causa paros de máquinas.

- Variable Independiente: Nivel de capacitación de los operadores del proceso de trefilado.

- Vías de Comprobación: Análisis de capacitaciones recibidas por los operadores del área de trefilado. Medición de niveles de conocimientos necesarios sobre uso de instrumentos de medición y del jabón lubricante.

- Comprobación: No fueron puestos a disposición los registros de capacitaciones recibidas por los operadores, lo que se usó fue una hoja de evaluación, la cual se la puede observar en el apéndice AH, la cual ayudó a sacar los siguientes resultados:

- De los nueve operadores del área de trefilado, el 33%, o sea 3 de ellos no poseen micrómetro propio, por lo cual deben prestárselo a otros operadores. De los restantes que si poseen, todos los micrómetros se encuentran en buen estado.
- El 55% de los operadores, 5 de ellos no han recibido ningún curso sobre uso del micrómetro o jabón lubricante, solamente 4 recibieron este año un curso sobre metrología, el único desde que ingresaron a la empresa.
- El 100% de los operadores conocen que con el micrómetro se miden diámetros en unidades de milímetros.
- Solamente 44%, o sea 4 operadores saben calibrar el micrómetro, el resto no como.
- Todos lo 9 operadores conocen al menos los dos tipos de jabón lubricante que se utilizan en la planta y además saben el tipo de jabón que se utilizan en las diferentes máquinas trefiladoras.
- En general hubo un 60% de efectividad en las pruebas de medición de diferentes diámetros con el micrómetro, porcentaje bajo, tomando en cuenta que de los 4 operadores que si

recibieron curso, uno de ellos apenas alcanzó un 20% de respuestas correctas.

- Todos los operadores conocen el uso del seguro del micrómetro, pero en cambio 3 de ellos no realizan la medición en forma correcta al no usar el rache ubicado en el extremo derecho.

- Conclusión: La hipótesis es correcta en parte, ya que aunque un 44% de los operadores hayan recibido un curso sobre metrología, la evaluación demuestra que el mismo no ha sido suficiente al presentarse errores al efectuar mediciones con el micrómetro, teniendo además que solamente 4 saben calibrar dicho instrumento. Este aspecto si es influyente en el paro de máquinas, en contraparte a lo referente del uso de jabón lubricante, el cual, aunque ningún operador haya recibido capacitación sobre eso, su uso es adecuado y conocido por todos los operadores del área de trefilado, por ende este aspecto de la hipótesis es falso.

3. **Hipótesis:** La falta de documentación o estandarización de los métodos de trabajo es causa de los paros de máquinas.

- Variable Independiente: Documentación sobre métodos de trabajo.

- Vía de Comprobación: Análisis de registros sobre procedimientos de trabajo. Análisis de la afectación del método del trabajo en el funcionamiento de la línea.
- Comprobación: Ningún método o procedimiento de trabajo, referente al área de trefilado de la planta, se encuentra por escrito, esto es, no se encuentran estandarizados, teniendo que cada operador realiza las diferentes actividades en el orden que a él le parece usando su criterio personal fundamentado empíricamente. Esta libertad de actuar al momento de operar las máquinas puede hacer que el operador pare la máquina para realizar una actividad que quizás no necesita la detención de la misma, o en otras ocasiones el operador puede olvidarse de chequear diámetros de hileras o jabón lubricante, o también de soldar alguna punta, todos estos aspectos causan paros de máquinas innecesarios.
- Conclusión: Definitivamente el método de trabajo en el área de trefilado es influyente en su funcionamiento, ya que si este estuviera estandarizado, el operador sabría en que momento y que pasos seguir al momento de operar las máquinas y trefilar alambre, en cambio que como no lo está, el operador puede olvidar o saltarse algún aspecto influyente que a la postre

determine paros de máquinas que pudieron haber sido evitados, por ende esta hipótesis es válida.

4. **Hipótesis:** La mala calidad de la materia prima y los desperfectos en la soldadora causan que se paren las máquinas.

- Variable Independiente: Calidad de la materia prima. Estado de las soldadoras.

- Vía de Comprobación: Análisis del tiempo perdido por causa de roturas de hebras. Análisis de la calidad de la materia prima. Análisis del estado de las soldadoras de las máquinas.

- Comprobación: Del análisis efectuado en el capítulo 2 literal 2.2 de esta tesis, en el cual se analizaron los tiempos y costos incurridos en los paros de máquinas, se tiene que por razones de roturas de hebras las máquinas en promedio pararon un 1.3% del tiempo total de trabajo, teniendo en la máquina M-10 el porcentaje más alto, 4.15% del total.

En lo que respecta a la calidad de la materia prima, los lotes que vienen a la planta Guayaquil son analizados previamente en los laboratorios de la matriz ubicada en la ciudad de Quito, siendo allí aceptados o rechazados por cuestiones de calidad.

Teniendo muy ocasionalmente problemas de calidad puntuales en algún paquete o rollo de alambón.

Por último, en lo que tiene que ver a las soldadoras del área de trefilado, la de las máquinas K-5 y K-6 se encuentra en buen estado y funcionando al 100%. La soldadora de la máquina M-10 necesita un cambio de mordazas, ajustes y mantenimiento general; y la soldadora de la máquina M-1 necesita el reemplazo de las cuchillas necesarias para cortar alambres de diámetros gruesos, en lo que tiene que ver a soldado se encuentra en buen estado.

- Conclusión: Esta hipótesis es verdadera en parte, ya que la calidad de la materia prima no es influyente en los paros de máquinas, puesto que esta es analizada previamente en los laboratorios de la matriz en Quito, por ende viene ya asegurada con anticipación al llegar a la planta en Guayaquil. En cambio que el estado de las soldadoras si es factor influyente en los paros de máquinas, ya que a excepción de una de ellas, las demás necesitan reemplazo de piezas y mantenimiento general, el mismo que ha sido pospuesto desde hace bastante tiempo.

5. **Hipótesis:** La planificación del departamento de comercio exterior, la demanda del mercado, retrasos en las importaciones

y la inasistencia del montacargas son causas de los paros de máquinas.

- Variable Independiente: Gestión de compras e importación del alambón del departamento de comercio exterior. Demanda del mercado. Asistencia del montacargas.

- Vía de Comprobación: Análisis del procedimiento de compra e importación del alambón. Análisis de la dependencia de montacargas por parte de las máquinas.

- Comprobación: La información de los procedimientos o formas en que el departamento de comercio exterior realiza la compra e importación del alambón no fue puesta a disposición para análisis de este estudio, ni fue posible observarla ya que la misma se realiza en la matriz ubicada en la ciudad de Quito, por ende no es posible comprobar esta parte de la hipótesis, de esa manera este factor queda como posible influyente ya que no lo podemos descartar.

En lo referente al montacargas podemos decir que todas las máquinas trefiladoras necesitan de la asistencia del montacargas, para una u otra actividad, las cuales se las pueden resumir de la siguiente manera, además se incluye la frecuencia que se da dicha necesidad por turno:

- K-5.- Cargar cañoneras con alambrón (5 veces) y retirar spiders con alambre (9 veces)
- K-6.- Cargar cañoneras con alambrón (4 veces) y retirar spiders con alambre (10 veces)
- M-1.- Acercar alambrón al puente grúa (4 veces) y retirar spiders con alambre (8 veces)
- M-10.- Acercar alambrón al puente grúa (2 veces) y retirar spiders con alambre (4 veces)

- Conclusión: De lo anteriormente expuesto, concluimos que esta hipótesis es verdadera, ya que por la falta de información no podemos descartar el factor de la gestión del departamento de comercio exterior al comprar e importar el alambrón. Además vemos que las máquinas trefiladoras dependen totalmente del montacargas para su funcionamiento por ende su inasistencia causa los paros de máquinas.

**6. Hipótesis:** La falta de repuestos causa que se paren las máquinas.

- Variable Independiente: Stocks de repuestos.
- Vía de Comprobación: Análisis de la política de compra de stocks de repuestos.
- Comprobación: Las compras de repuestos de las máquinas

son solicitadas por el jefe de mantenimiento al jefe de producción quien es el encargado de autorizarlas y coordinar su compra, siempre y cuando el valor del repuesto o servicio no sea muy elevado, caso contrario la compra tendrá que ser autorizada por el gerente de la planta. La política de stocks de repuestos básicamente se maneja con las necesidades de ese momento, esto es, cuando se daña una máquina y aparece la necesidad de un repuesto, su compra es autorizada en ese momento, no existe compras de repuestos para stocks, así si una máquina sufre un desperfecto después de horas de oficina y aún estando personal de mantenimiento de turno, se puede dar el caso de que ellos no puedan solucionar el problema por la falta de un repuesto.

- Conclusión: La hipótesis es correcta, ya que aunque la tendencia sea el tener el menor capital amortizado en repuestos, la falta de algunos de estos, los más comunes, es causante de que una máquina tenga que esperar las horas de oficina para que se efectúe su compra y posteriormente su reemplazo.

**7. Hipótesis:** La escasez de spiders causa que se paren las máquinas.

- Variable Independiente: Número de spiders en planta.
- Vía de Comprobación: Análisis del número de spiders en planta y la necesidad de los mismos.
- Comprobación: En la planta existen 404 spiders que pueden ser utilizados por las máquinas M-1, M-10, K-5 y K-6, los cuales aproximadamente tienen la capacidad de almacenar 377 toneladas de alambre trefilado. Esta cantidad de toneladas correspondería a 20.6 turnos de trabajo de todas las máquinas trefiladoras.
- Conclusión: Si tomamos en cuenta la cantidad de turnos equivalentes a la cantidad de spiders en planta, 20.6 turnos, podemos fácilmente concluir que la falta de spiders no es causante de los paros de máquinas, por consiguiente, la hipótesis es falsa.

- **Paros de máquinas del proceso de formado de clavo**

1. **Hipótesis:** La falta de materia prima (alambre trefilado), y la falta de asistencia del montacargas causan que se paren las máquinas.

- Variable Independiente: Falta de materia prima. Asistencia inadecuada del montacargas.
- Vía de Comprobación: Análisis de capacidades de máquinas

trefiladoras para producir alambres trefilados. Análisis del tiempo de paros de máquinas por montacargas.

- Comprobación: Las cuatro máquinas trefiladoras de la planta asignadas a producir alambres trefilados para las máquinas claveras tienen en conjunto una capacidad de producción de 18.23 toneladas por turno, en cambio que trabajando las 24 máquinas claveras tienen la capacidad de producir 12.13 toneladas de clavo por turno. El total de horas de paro de las máquinas claveras por montacargas, en un año, fue de 86 horas, esto es, apenas un 1% del tiempo total de horas de trabajo en un año.
- Conclusión: Esta hipótesis es falsa, ya que la capacidad de producción de las máquinas trefiladoras excede a la necesidad de alambre trefilado de las máquinas claveras, por ende estas no van a parar por falta de alambre. De igual manera, los paros de máquinas por montacargas fueron de apenas un 1% en el año 2000, porcentaje bajo para ser tomado en cuenta como causa influyente en el paro de máquinas si lo comparamos a las 5,916 horas de paro por mantenimiento.

2. **Hipótesis:** La falta de repuestos y la mala calibración de las máquinas por parte de los operadores causa paros de

máquinas.

- Variable Independiente: Stocks de repuestos. Calibración de máquinas.

- Vía de Comprobación: Análisis de stocks de repuestos de máquinas claveras. Análisis de cantidad de daños en máquinas causados por mala calibración.

- Comprobación: De lo visto en el área de formado de clavo y después de conversar con el jefe de mantenimiento y el mecánico del área se observa que la mayoría de repuestos reemplazados en las máquinas claveras son construidos en el mismo taller de la planta, una parte minoritaria corresponde a repuestos comprados fuera. Los mismos son maquinados en el momento en que se presenta el daño, esto es no se construyen repuestos para stocks.

Unos de los daños mecánicos más comunes en las máquinas claveras son las roturas de pernos y las reparaciones de martillos y portamartillos, las cuales son causadas por el uso excesivo de fuerza al momento de ajustar dichas piezas o simplemente por calibrarlos de manera incorrecta.

- Conclusión: La hipótesis es correcta, ya que la construcción de las piezas de repuesto de clavería puede durar varios días debido a su naturaleza de tener que ser materiales resistentes a

vibraciones y altos impactos, por ende el no tener repuestos en el momento del daño hace que la máquina se pare hasta tener la pieza construida. De igual manera, se nota que las malas calibraciones de los operadores es causa influyente en los daños mecánicos de las mismas, por ende si es un factor a ser tomado en cuenta si queremos disminuir los paros de máquinas.

3. **Hipótesis:** La falta de un segundo operador en el turno causa que se paren máquinas.

- Variable Independiente: Número de operadores.

- Vía de Comprobación: Número de operadores de clavería por turno. Análisis de la necesidad de otro operador de clavería.

- Comprobación: La carga por mano de obra de las máquinas claveras es 12 máquinas por operador, si consideramos que la capacidad del área de formado de clavo es de 12.13 toneladas trabajando las 24 máquinas, podemos concluir que en un turno un operador produciría 6.06 toneladas de clavo. Existen 5 operadores predestinados al área de clavería de los 4 grupos de trabajadores, por ende en un día normal de tres turnos, donde solamente en uno de ellos existan dos operadores la producción de clavos sería de 24.24 toneladas, teniendo que en

el mismo día de trabajo el proceso siguiente de pulición y embalaje necesitaría de 20.4 toneladas para trabajar con normalidad, vemos que la producción de esos 4 operadores satisface a necesidad del proceso posterior.

- Conclusión: La hipótesis es falsa, ya que si observamos los cálculos anteriores, la producción en un día normal de trabajo con 4 operadores de formado de clavo satisface la necesidad del siguiente proceso, teniendo aún un sobrante de 3.84 toneladas de clavo formado.

4. **Hipótesis:** La inasistencia inadecuada del montacargas causa que se pare la máquina.

- Variable Independiente: Asistencia inadecuada del montacargas.

- Vía de Comprobación: Análisis de necesidad de montacargas. Análisis del tiempo de paros de máquinas por montacargas.

- Comprobación: Las máquinas claveras necesitan que el montacargas les cargue el alambre trefilado en los spiders y que retiren la artesa llena con clavos para poder reemplazarla con una vacía. Cada máquina en promedio consume dos spiders y produce 2.5 artesas por turno, por ende si tenemos las 24 máquinas trabajando, se necesita que el montacargas

cargue 48 spiders y retire 60 artesas en un solo turno de 8 horas de trabajo. Por otra parte, en el año 2000, por concepto de inasistencia de montacargas, como se analizó en la hipótesis 1, en el área de formado de clavo se perdieron 86 horas máquina, el 1% del tiempo total de trabajo.

- Conclusión: La hipótesis es falsa, ya que si bien es cierto, las máquinas claveras poseen una gran dependencia del montacargas para su funcionamiento, este solamente ha sido causante de un 1% de horas máquinas perdidas en un año, cantidad pequeña si comparamos las 5,916 horas de paro por mantenimiento que se dieron, siendo esta una causa más influyente.

- **Paros de máquinas del proceso de pulición y embalaje**

1. **Hipótesis:** Los paros del área de formado de clavos causan que se pare el área de pulición y embalaje.

- Variable Independiente: Paros del área de formado de clavos.

- Vía de Comprobación: Balanceo de los procesos de formado de clavo y pulición y embalaje.

- Comprobación: La capacidad del área de formado de clavo es de 12.13 toneladas por turno y la de pulición y embalaje es de 6.80 toneladas de clavos embalados, por ende existe un banco

de 5.33 toneladas.

- **Conclusión:** Realizando el análisis de las capacidades podemos observar que existe un banco de 5.33 toneladas de clavo picado que queda sin embalar, el mismo que no es suficiente para cubrir las 6.80 toneladas necesarias para que trabaje normalmente el área de pulición y embalaje, por ende, un paro no programado del área de formado de clavo por espacio de un turno, afecta de manera directa al área de pulición y embalaje, por ende la hipótesis es válida.

2. **Hipótesis:** El inadecuado manejo del teclé del área y el mal estado de la riel guía causan que se pare el área.

- **Variable Independiente:** Mal manejo de los operadores. Estado de la riel guía.

- **Vía de Comprobación:** Evaluación a los operadores del manejo del teclé. Análisis del estado actual de la riel guía.

- **Comprobación:** De una evaluación práctica efectuada a cada uno de los operadores encargados de hacer uso del teclé se comprobó que le 100% de ellos conoce de su manejo y saben que maniobras son las que pueden causar daños mecánicos o eléctricos en el teclé, haciendo recalcar que dicho conocimiento fue en su mayoría empírico aprendiendo de los daños que antes

si se daban y eran causados por el desconocimiento del correcto manejo del tecele. De igual manera, en este año el departamento de mantenimiento realizó algunas reparaciones y adaptaciones a la riel guía del tecele teniendo que actualmente su estado es muy bueno, no presentando irregularidades en el trayecto del tecele, ni problemas en las curvas, conclusiones extraídas de una inspección visual realizada al mismo.

- Conclusión: Esta hipótesis es falsa, ya que en estos momentos todos los operadores conocen el correcto manejo del tecele, teniendo además que el estado de la riel guía no es factor que influya en el paro del tecele y por ende ambos factores no son influyentes en los paros del área.

3. **Hipótesis:** El mal estado de la banda transportadora o el sobrepeso con que ella trabaja causa que se produzcan paros del área.

- Variable Independiente: Estado de la banda transportadora. Peso llevado en la banda transportadora.

- Vía de Comprobación: Análisis del estado de la banda transportadora. Revisión de órdenes de mantenimiento asignadas a la banda transportadora. Revisión de capacidad de transporte de la banda.

- Comprobación: La banda transportadora actualmente se encuentra en estado regular de funcionamiento, tomando en cuenta que fue reemplazada a mediados de año; la misma presenta algunos tramos en donde existe un desgaste irregular en su grosor y por ende constituyen zonas en donde se pueden producir roturas o distensiones.

Del total de 74.97 horas que se paro la embaladora en el año 2000, un 23.34%, esto es 17.50 horas fueron por problemas en la banda transportadora. La capacidad de la banda transportadora depende de varios factores como por ejemplo, el material del con que este fabricada, del grado de tensión que se tengan en los rodillos por donde gira la banda, el tipo de clavo que se este embalando, etc., por ende la capacidad de la banda no es un dato fijado, sino una consecuencia de las circunstancias de trabajo que se calibra por medio de la cantidad de clavo que se distribuye hacia la banda por un mecanismo de vibración. Siendo esas las circunstancias, el personal de mantenimiento es el encargado de calibrar y recomendar la calibración adecuada para cada tipo de clavo a embalar.

- Conclusión: La banda transportadora es un elemento principal

en el funcionamiento de la embaladora, un daño en ella implicaría el paro de dicha máquina; si tenemos que en el año 2000 la banda transportadora fue la causante del 23.34% de paros del área podemos concluir que el estado de la misma es un factor influyente en los paros de la embaladora y por ende del área. Teniendo como factor posible de daños la mala manipulación de la misma por parte de los operadores al causar un sobrepeso de clavos transportados por la banda, quizás motivados por el deseo de embalar las cajas más rápidamente o por desconocimiento de este factor. En conclusión esta hipótesis es válida.

### **3.10. Análisis de las Fortalezas y Debilidades de la línea de producción.**

Para finalizar con el análisis de la situación actual de la línea de producción de clavos negros se procederá a nombrar y analizar las fortalezas y debilidades de la misma, con el fin de tener una visión más amplia de los posibles puntos de mejora, tema de discusión del siguiente capítulo de esta tesis.

Este análisis es parte de la estructura de un FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), obviando las

oportunidades y amenazas ya que constituyen el estudio de aspectos externos o foráneos a la línea de producción los cuales salen del ámbito del tema de la tesis, por ese motivo solamente se toman en cuenta las fortalezas y debilidades, que constituyen aspectos internos de la línea.

### **Fortalezas de la línea de producción de clavos negros**

- **Rápida respuesta a los cambios de la demanda**

Aunque por experiencias de años anteriores, los ejecutivos de la planta saben algo del comportamiento de la demanda, esta presenta variaciones significativas a lo largo de un año, teniendo meses en los que no puede llegar ni un solo pedido, y otros en los que la cantidad de ellos hace que se tenga que contratar más personal para aumentar las horas hombre.

La línea de producción de clavos negros, por su característica de su distribución por procesos, tiene capacidad para responder en el menor tiempo a esos cambios en la demanda, ya sea asignando o redistribuyendo, a otras líneas de la planta, el personal para aumentar o disminuir horas hombre, cambiar de productos en el embalado de los clavos en cualquier momento, reprogramar máquinas claveras para que produzcan el clavo más demandado,

o para que dejen de producir el menos demandado, etc.

- **Las capacidades de las máquinas aseguran la no formación de cuellos de botella**

Como se mencionó antes, por el tipo de distribución de la línea, por proceso, permite la independencia de cada área, pudiendo acumular en cantidades calculadas, material en proceso ya sea en alambre trefilado o clavo formado, debido a los bancos que existen entre proceso y proceso, para así prever posibles fallas en las máquinas o cambios en las necesidades de programación que vallan a parar alguna de las áreas. De esta manera se asegura la continuidad del aprovisionamiento de producto terminado a las bodegas.

- **Variedad de máquinas que aseguran la continuidad de la línea**

En el área de trefilado, son cuatro las máquinas destinadas a proveer de alambre a la línea de producción, pero si alguna de ellas entrara en mantenimiento preventivo o correctivo, existen otras máquinas trefiladoras con la capacidad de fabricar el mismo alambre trefilado usado en las máquinas claveras, permitiendo de esa manera que la línea no dependa del funcionamiento de una

máquina y por ende se asegure el continuo funcionamiento de la misma.

De igual manera en el área de formado de clavo existen 24 máquinas claveras, de las cuales cada una tiene la capacidad de fabricar al menos dos tipos de clavos diferentes comercializados en el mercado, por ende, se tiene varias posibilidades de planificar el trabajo, jugando con las capacidades de las máquinas y con el tipo de clavo en proceso.

- **Procesos que no guardan complejidades**

Aunque se tienen que cumplir con especificaciones y normas vigentes en los procesos que se dan en la línea de clavos negros, estas no guardan mayor complejidad o constituyen especificaciones técnicas estrictas, como lo harían en otra clase de procesos, por ejemplo los de fabricación de productos alimenticios o farmacéuticos, o el mismo proceso de galvanizado que se da en la planta. Básicamente se debe cumplir con requisitos de materias primas, formas y dimensiones, no teniendo dificultad en aspectos químicos.

- **Genera mayor utilidades entre las demás líneas de la planta**

La línea de producción de clavos negros constituye la de mayor volumen de producción y la de mayor generación de utilidades entre las demás líneas de producción de la planta, constituyendo en el año 2000 el 25.36% del total de toneladas producidas y el 26.34% del total de utilidades generadas ese año, teniendo la siguiente línea, la de varillas enderezadas, el 18.05% del total de utilidades.

- **Los operadores de trefilado conocen el uso correcto del jabón lubricante**

De la evaluación que se hizo para demostrar la hipótesis en el literal 3.9 de este capítulo, se demostró que todos los operadores saben el uso correcto del jabón lubricante, aplicando el tipo indicado en las distintas máquinas trefiladoras, aún siendo que este conocimiento haya sido adquirido de forma empírica, constituye una fortaleza, ya que la lubricación es un factor importante en la trefilación, además de constituir un insumo de alto costo por su característica de importado.

- **La calidad de la materia prima se encuentra asegurada**

Debido a que los lotes de alambón son analizados en los laboratorios de la matriz de la empresa ubicada en la ciudad de

Quito antes de ser enviados a la planta en Guayaquil, la calidad de esta materia prima queda asegurada, facilitando las labores productivas en proceso de trefilación. Además se cuenta con la garantía del mismo proveedor el cual tiene reconocimiento a nivel internacional.

- **Las máquinas trefiladoras cuentan con el suficiente número de spiders**

Como se explicó al demostrar la hipótesis en el literal 3.9, en la planta existen 404 spiders los cuales aseguran una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 377 toneladas de alambre, por ende constituye una fortaleza ya que la falta de spider es una causa descartada de posibles paros de las máquinas trefiladoras.

- **Se cuenta con 2 mecánicos fijos en el área de formado de clavo**

Para las máquinas claveras están asignados dos mecánicos de forma permanente, los cuales son los encargados de realizar las reparaciones de las mismas. Estos trabajan en horario normal de lunes a viernes, con lo cual se asegura que al presentarse cualquier daño mecánico, la atención al problema se hará en forma inmediata. Este factor es muy independiente a la existencia

o no de repuestos para las máquinas.

- **A excepción de la máquina M-1, las demás no tienen que parar en las operaciones de descarga de material**

Por la naturaleza de la máquina al no tener recogedor, es la única de las 4 asignadas a la línea, que debe parar en la operación de descarga de alambre, las demás pueden seguir funcionando por un tiempo hasta que el montacargas retire el spider con alambre y se remplace por uno vacío.

#### **Debilidades de la línea de producción de clavos negros**

- **No existen procedimientos establecidos de controles en proceso en la línea de producción**

En los distintos procesos de la línea de producción se deben de dar controles de calidad para asegurar que los productos fabricados estén dentro de las normas exigidas por los organismos de control o por el cliente, tales como especificaciones de la materia prima, controles del diámetro de los alambres, verificación de las dimensiones de los clavos formados, y limpieza total del clavo que va a ser embalado.

Dichos controles, en la actualidad, se dan en forma aleatoria sin

llevar registro detallado de las novedades encontradas para poder analizarlas y evitarlas posteriormente, no existiendo procedimientos establecidos para los operadores y jefes, de cuando y de que manera realizar controles en línea.

- **Falta de estandarización de procesos**

Todos los procesos que se dan en la línea de producción de clavos negros no se encuentran documentados en forma de registros o métodos de trabajo, por ende estos no se encuentran estandarizados, teniendo que cada operador en su turno procede a trabajar con formas o métodos propios, desarrollados a partir del conocimiento previo impartido a su ingreso y de su experiencia acumulada a lo largo del tiempo de trabajo en el área.

- **Poca capacitación sobre el uso correcto del micrómetro**

De la evaluación realizada en el literal 3.9 de este capítulo para comprobar la hipótesis, se demostró que solamente 4 de los 9 operadores de trefilado habían recibido un curso sobre mediciones con el micrómetro, teniendo además que solamente hubo una efectividad general del 60% al realizar mediciones de diámetros.

- **Estado de las soldadoras de tope de las máquinas**

Cada máquina trefiladora debe tener como complemento una soldadora de tope, la misma que permite soldar dos puntas de alambre al producirse roturas o cambiar las hileras. A excepción de la soldadora de las máquinas trefiladoras K-5 y K-6, las soldadoras de las máquinas M-1 y M-10 necesitan mantenimiento para corregir varios desperfectos menores, que si no son atendidos, pudieran convertirse en problemas mayores y por ende ser causa de paros innecesarios de máquinas.

- **La importación de la materia prima está sujeta a problemas externos**

Debido a la naturaleza de producto importado que tienen los rollos de alambón, estos están sujetos a los posibles problemas que se puedan presentar en las aduanas de Guayaquil o Esmeraldas, tales como huelgas, retrasos por documentación, problemas en los trámites, etc., los cuales constituyen factores externos ajenos a la empresa, pero que sin embargo pueden influir negativamente en las plantas de producción.

- **La falta de repuestos retrasa las reparaciones de las máquinas**

La política de compra de repuestos se basa específicamente en

comprar el repuesto necesario para reparar una maquina y no para stock en la bodega, por ende al tiempo de compostura de una instalación se le debe aumentar el tiempo, que se demora la persona encargada, en realizar la compra del repuesto y llevarlo hacia la planta. Esto causa que reparaciones tengan que ser suspendidas hasta tener el repuesto indicado y por ende tener la instalación parada.

- **Incorrectas formas de calibrar causan daños en piezas de las máquinas formadoras de clavos**

Tal como se analizó en el literal 3.9 de este capítulo, gran parte de las reparaciones efectuadas por mantenimiento son causadas por incorrectas calibraciones de las máquinas claveras, como por ejemplo y la más común el ajuste excesivo de pernos o tuercas, que obviamente causan su ruptura por fatiga del material. Constituye una gran debilidad ya que los paros por mantenimiento es la principal causa de paros de máquinas del área de formado de clavo.

- **La banda transportadora es un elemento determinante en el funcionamiento de la embaladora automática**

Si consideramos que la banda transportadora fue la causante del 23.34% de paros por mantenimiento del área de pulición y embalaje, se puede concluir que esta es un factor decisivo en el funcionamiento del área, además de tener una aparente fragilidad por sus constantes reparaciones.

- **Se tiene un bombo pulidor parado por mantenimiento**

En el área de pulición se encuentra instalado un bombo con capacidad de 800 kg de clavo, el mismo que funcionó por un tiempo pero por problemas de mantenimiento ha estado parado por más de un año. Con este bombo en funcionamiento se incrementaría la cantidad de clavo pulido y por ende se embalarían más cajas con clavos.

- **No se embalan pallets completos, sino artesas completas**

Como el clavo es transportado en artesas hasta la zaranda, el número de cajas que se embalan y se paletizan viene determinado por la cantidad de artesas que se colocan en la nombrada zaranda, por ende en casi todas las ocasiones, la cantidad de cajas llenas no completa la cantidad de manipuleo por pallet que es de 64 cajas, teniendo el embalador que cambiar de pallet al cambiar de tipo de clavo.

- **Inadecuada distribución del área de clavería**

La colocación de máquinas de distinto tamaño y velocidades juntas, y el espacio insuficiente dejado entre alguna de ellas es una debilidad del área de formado de clavo.

- **No se exige el uso de los equipos de protección personal**

Si bien es cierto, existen los equipos de protección personal adecuados a las características del proceso, estos no son exigidos en su uso por parte de los jefes o supervisores de la planta.

- **Iluminación deficiente en el área de pulición y embalaje**

En las horas de la noche se hace evidente la insuficiente iluminación existente principalmente en la máquina embaladora, en la parte donde salen las cajas llenas de clavos y donde el operador tiene la oportunidad de realizar un último chequeo antes de cerrar la caja.

- **Presencia de aceite en el piso de clavería**

En el piso de clavería, debido a fugas o daños en el sistema de lubricación, se tienen residuos de aceite, que mezclados con aserrín, polvo y restos de motas de clavos, crean una capa resbaladiza causante de varios accidentes, debido a que las

máquinas se encuentran ubicadas en un área de 80 cm. del suelo.

- **Las máquinas trefiladoras deben parar para la operación de carga de material**

A excepción de las máquinas K-5 y K-6, las máquinas trefiladoras M-1 y M-10 deben parar para al operación de carga de material en el momento en que se termina el rollo de alambón, ya que los operadores no pueden soldar la punta del siguiente rollo, debido en el caso de la máquina M-1 a la presencia de una pilar entre las cañoneras, y en el caso de la M-10 por la falta de otra cañonera.

- **Los cambios de series de hileras en las máquinas trefiladoras toman demasiado tiempo**

Cuando se programa un cambio de medida de alambre trefilado en las máquinas, se debe proceder al cambio de la serie de hileras, la cual es un procedimiento que conlleva demasiado tiempo, desde 30 minutos hasta más de una hora, dependiendo del número de hileras a cambiar.

- **Los cambios de herramientas en las máquinas claveras toma demasiado tiempo**

Cuando se necesita reemplazar una herramienta defectuosa o

cuando se programa un cambio de tipo de clavo en las máquinas claveras, se tienen que realizar el cambio del par de cuchillas o el par de mordazas, el mismo que conlleva un tiempo considerable en el cual la máquina debe estar parada.

- **El proceso de carga y descarga de los bombos pulidores tiene demasiadas actividades no productivas**

Debido a la dependencia del tecele en el proceso de carga y descarga de los bombos pulidores y a los constantes transportes que deben darse, este toma un tiempo considerable.

- **Pedidos de urgencia a último momento causan cambios no programados de las máquinas**

Como la matriz de la compañía, ubicada en la ciudad de Quito, tiene ingerencia en las decisiones de planificación de la planta, esta puede ordenar la ejecución de algún pedido de forma urgente, el mismo que en la mayoría de veces estaba planificado para otro momento, teniendo que cambiar calibraciones en las máquinas y por ende pérdida de tiempo.

- **Paros por causas de mantenimiento**

Debido a la vetustez de algunas de las máquinas, y a la falta de un

programa estructurado de mantenimiento preventivo o predictivo para las mismas, se tienen paros para resolver problemas mecánicos o eléctricos que se dan, mismo que muy probablemente pudieran haber sido evitados o advertidos a tiempo para tomar las previsiones del caso por parte de producción. Por ejemplo en el año 2000 el área de pulición y embalaje tuvo tiempos de para por mantenimiento equivalentes a 38.42 turnos de trabajo de 7.5 horas.

Peor aún, en ocasiones se tienen que realizar reparaciones sobre trabajos recién efectuados por el mismo personal de mantenimiento, ya sea por errores o por la aparición de otro problema adicional al original.

# CAPÍTULO 4

## 4. MEJORAMIENTO DEL PROCESO

En el capítulo anterior se dejó el camino trazado y definido con la identificación y análisis de los distintos problemas y debilidades que presenta la línea de producción de clavos negros en referencia al síntoma más representativo en costos, los paros de máquinas, por ende el siguiente paso a seguir es la búsqueda de soluciones, plasmadas en mejoras, que logren disminuir o eliminar los ya nombrados problemas o debilidades. Para este propósito se comenzará con un análisis más a fondo de las distintas debilidades buscando sus causas raíces, las mismas que serán las más importantes y por eso para cada una de ellas se buscará la más conveniente solución que se apegue a la realidad de la planta. Dichas soluciones o mejoras se las explicará en detalle en diferentes literales donde se las agrupará por su naturaleza.

### **Estudio de las debilidades referentes a los paros de máquinas**

En la tabla XXXVIII se presentan las debilidades aparecidas en la línea de producción, ya nombradas en el literal 3.10 del anterior capítulo, referentes a los paros de máquinas con sus respectivas causas hasta llegar a la causa raíz, para posteriormente plantear las posibles soluciones, que serán representadas en mejoras en los literales siguientes, para disminuir o eliminar las mencionadas debilidades.

#### **4.1. Mejoramiento de los procesos de la línea de producción**

Una de las debilidades de la línea de producción de clavos negros es la falta de estandarización de los procedimientos que se dan en los diferentes procesos, esto es, tener en forma documentada y certificada la descripción de las formas de proceder y operar cuando un trabajador va a producir en un área determinada, para de esa manera hacerlos obligatorios en forma de estándares teniendo un mejor control y uniformidad en el trabajo.

Por esta razón, para mejorar este punto, se recomienda realizar un análisis de las diferentes formas de trabajar de cada uno de los operadores de las distintas áreas, y principalmente de la teoría, catálogos, libros, manuales, etc., que haya sobre los procesos y operaciones que se dan en la línea.

TABLA XXXVIII  
CAUSAS Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES DE LAS DEBILIDADES DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
CLAVOS NEGROS

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
No existen procedimientos establecidos de controles en proceso en la línea de producción	Falta de compromiso por parte de los jefes involucrados	Falta de un programa bien definido de control en proceso		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concientizar a jefes, por medio de capacitaciones sobre la necesidad y ventajas de los controles en línea</li> <li>• Establecer los puntos de control en proceso con los formatos de la documentación</li> </ul>
Los procedimientos no se encuentran estandarizados	Falta de compromiso de los jefes			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar información existente y establecer los procedimientos</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
Poca capacitación sobre el uso correcto del micrómetro	Falta de programas de capacitación o reforzamiento de conocimientos para operadores	Falta de compromiso por parte de los ejecutivos		<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar y establecer el más conveniente programa de capacitación para los operadores sobre instrumentos de medición (micrómetro)</li> </ul>
Mal estado de las soldadoras de tope de las máquinas	Falta de mantenimiento preventivo	Falta de un programa definido de mantenimiento preventivo para las máquinas soldadoras de tope		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento preventivo a las soldadoras de tope</li> <li>Recomendar el establecimiento un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para las máquinas soldadoras de tope</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
La falta de repuestos retrasa las reparaciones de las máquinas	Los repuestos son comprados o fabricados cuando se produce el daño en las máquinas	La política de compra de repuestos se basa en comprar solamente los repuestos y materiales necesarios en el momento del daño en las instalaciones, no para tener un stock		<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un análisis de los repuestos que tienen índices más altos de reemplazo para de ellos tener un stock mínimo</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
<p>Incorrectas formas de calibrar causan daños en piezas de las máquinas formadoras de clavos</p>	<p>Falta de capacitación o reentrenamiento adecuado a los operadores sobre la calibración de las máquinas formadoras de clavos y sobre el uso correcto de las herramientas usadas en estas operaciones</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un programa de reentrenamiento a los operadores sobre las calibraciones que se realizan en las máquinas formadoras de clavos.</li> <li>• Entrenamiento sobre el uso adecuado y correcto de herramientas de trabajo</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
Un daño en la banda transportadora causa un paro total del área de pulición y embalaje	Se daña por causas de desgaste producidas por el constante funcionamiento			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tener en stock permanente una banda transportadora de más para reemplazarla inmediatamente ante cualquier problema con la instalada</li> </ul>
Un bombo pulidor está parado por mantenimiento	Falta de decisión en determinar la forma más óptima de realizar el arreglo del bombo pulidor			<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparación inmediata de bombo pulidor para no perder capacidad productiva ni horas máquina</li> <li>Reuniones semanales entre los jefes y gerentes acerca del estado de las máquinas</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
No se embalan pallets completos, sino artesas completas	En algunos tipos de clavos no existe la cantidad suficiente de artesas para embalar y completar un pallet de cajas	La unidad de transporte de los clavos hacia la zaranda es artesas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer como procedimiento el pulir primeramente los tipos de clavos que tengan la cantidad suficiente de artesas llenas para completar un pallet</li> </ul>
Inadecuada distribución del área de clavería	Las máquinas se han instalado en el área conforme estas han llegado a la planta	Urgencias de tener más capacidad productiva		<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis y planos de reubicación de las 24 máquinas claveras</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
No se exige el uso de los equipos de protección personal	Falta de compromiso por parte de los jefes y supervisores	Falta de concientización sobre el uso de equipos de protección entre los operadores de la línea		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener el compromiso de parte de los jefes para hacer obligatorio el uso de los equipos de protección</li> <li>• Concientizar a los operadores sobre la necesidad y ventajas del uso de los equipos de protección personal</li> </ul>
Iluminación deficiente en el área de pulición y embalaje	Falta de reparación de las instalaciones luminarias existentes.	Falta de atención de este punto por parte del departamento de mantenimiento		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación inmediata de las instalaciones luminarias existentes</li> <li>• Análisis sobre ubicación de luminarias adicionales</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
Presencia de aceite en el piso del área de formado de clavo	Fugas de aceite del sistema de lubricación de las máquinas	Falta de un plan de mantenimiento preventivo a estas instalaciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión completa por el departamento de mantenimiento del sistema de cañerías de lubricación</li> </ul>
La máquina trefiladora M-10 debe parar para la operación de carga	La máquina M-10 posee solamente una cañonera para el alambrón			<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio sobre instalación de una segunda cañonera para la máquina M-10</li> </ul>
Los cambios de hileras en las máquinas trefiladoras toman excesivo tiempo	Se deben cambiar desde 2 hasta 9 hileras en cada máquina	Naturaleza del proceso de trefilación y de la máquina		<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis del estudio de tiempos de cambios de hileras</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
<p>Los cambios del par de mordazas o cuchillas en las máquinas formadoras de clavo toman demasiado tiempo</p>	<p>Variedad de llaves de tuercas usadas. Distancia excesiva a que se encuentran las herramientas de reemplazo. Calibración de las máquinas, una vez reemplazada la herramienta</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del estudio de tiempos del cambio del par de mordazas y cuchillas de las máquinas claveras</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
El proceso de carga y descarga de los bombos pulidores tienen actividades no productivas	Los movimientos dependen totalmente del teclé			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis del estudio de tiempos del proceso de carga y descarga de los bombos pulidores</li> </ul>
Pedidos de urgencia a último momento causan cambios no programados de las máquinas	La matriz de la empresa en la ciudad de Quito ordena la elaboración de órdenes de producción en forma urgente			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendar a la matriz de Quito la revisión de sus prioridades en los plazos de entregas de los pedidos a los clientes</li> </ul>

Debilidad	Causa	Causa	Causa	Soluciones
Paros por causas de mantenimiento	<p>Vetustez de las máquinas.</p> <p>Falta de un programa de mantenimiento preventivo por lo cual la gran mayoría de reparaciones son de tipo correctivas</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendar al departamento de mantenimiento la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las instalaciones y máquinas de la línea de producción, para así bajar el índice de reparaciones de tipo correctivas</li> <li>• Promover y exigir el uso de los formatos de reportes de daños a mantenimiento</li> </ul>

Con esta información, y con el consenso de los ejecutivos y operadores, se podrá realizar un manual de procedimiento y manuales de operación completos y generales de cada proceso y máquina de la línea de producción, para establecerlo como estándar y darle el carácter de obligatorio, exigiendo que cada trabajador lo cumpla en todos sus puntos. De esa manera se tendrá la seguridad en todo momento de que el proceso productivo se esta dando de la manera correcta y segura, descartando cualquier posibilidad de error, pérdida de tiempo o accidentes

Dicho estudio puede ser realizado con la ayuda de estudiantes universitarios de los últimos niveles, en que cuyo pensúm académico estén materias relacionadas con la ingeniería de métodos y procesos industriales.

#### **4.2. Mejoramiento de las relaciones funcionales del departamento de mantenimiento con la línea de producción**

Si retomamos las conclusiones efectuadas en el capítulo 2 literal 2.2, en donde se estableció que el problema más costoso para la línea eran los paros de máquinas, podremos entender la importancia que tiene la relación del departamento de mantenimiento y el de producción en lo referente al estado de las

instalaciones de la línea.

A continuación se analizarán las soluciones planteadas en la tabla XXXVIII referentes a los aspectos relacionados con el departamento de mantenimiento.

- **Mejoramiento del estado de las soldadoras de tope**

Una de las herramientas más usadas e importantes para las máquinas trefiladoras son las soldadoras de tope, las cuales como su nombre lo indica, son usadas para soldar puntas de hebras que por diferentes motivos se han separado. Del análisis efectuado en el capítulo anterior se encontró que la mayoría de soldadoras de tope asignadas a las máquinas trefiladoras se encontraban con problemas de mantenimiento.

Por estos motivos se hace necesaria la revisión inmediata de todas las soldadoras de tope para corregir los problemas y tenerlas funcionando al cien por ciento de efectividad y no interfieran en el proceso de trefilado, de igual manera se recomienda la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las soldadoras con el fin de asegurar la continuidad de su buen estado.

Las recomendaciones efectuadas no tienen costo adicional para la línea de producción, ya que las revisiones pueden ser efectuadas por el mismo personal de mantenimiento que pertenece a la planta además de ser los ejecutores de las acciones de chequeos que dicte el programa de mantenimiento preventivo, el cual puede, y de preferencia debe ser elaborado por un grupo de trabajo compuesto por el jefe del departamento de mantenimiento, jefe del departamento de producción, un mecánico con experiencia y el operador más calificado, ya que es el mejor conocedor del estado actual y de los problemas más frecuentes en estos activos.

- **Mejoramiento sobre el stock de repuestos de mayor rotación de la línea**

La política actual de compra de repuestos es la de solamente adquirir el que se necesite en ese momento y en la mínima cantidad, sin dejar nada para stocks; de la revisión de las órdenes de mantenimiento se encontró que la presencia oportuna del repuesto era un factor importante en el tiempo de reparación del activo y por ende el tenerlo ayudaría a recortar dicho tiempo.

Por estas razones se recomienda como mejora en la política de stocks de repuestos realizar un estudio completo y exhaustivo del

nivel de rotación de los mismos, revisando cada ítem, para así determinar cuáles son los que se usan más y por ende los que se merecen estar dentro de un stock de repuestos de la línea. Dicho estudio guarda su complejidad en la gran cantidad de ítems que se tienen, como por ejemplos rodamientos, pernos, tuercas, retenedores, rines, empaques, soldadura, aceros, bronces, etc.

Como resultado se sabrá cuáles y en que número de repuestos se deben tener en bodega y además en que momento preciso del año, así se disminuirá el tiempo de reparación de las máquinas, se tendrá una bodega de repuestos eficiente y con el menor capital inmovilizado.

- **Mejoramiento sobre mantenimiento de la banda transportadora**

Un factor determinante del funcionamiento de la embaladora automática de clavos es la banda transportadora, la cual como su nombre lo indica, transporta los clavos hacia la máquina, por ende un daño en esta provocaría la para de todo el proceso de embalaje, de ahí la importancia de asegurar el buen estado de este elemento, ya que como ejemplo en el año 2000, el 23.34% de paros de la embaladora se produjeron por daños en esta banda.

Por las características de funcionamiento y su naturaleza es difícil estimar la vida útil de la banda, además que por su permanente estado de tensión esta sufre un desgaste constante en su superficie, por ende la recomendación va encaminada a evitar la pérdida de tiempo por un daño que se presente en dicha banda teniendo en stock una de ellas, la cual pueda ser reemplazada en el mismo momento del daño y no tener que esperar varias horas que significan paros de la máquina y pérdida de productividad.

- **Mejoramiento sobre bombo pulidor dañado**

Otro aspecto que se encontró en la línea es que un bombo pulidor estaba parado por mantenimiento más de 6 meses, perdiendo así la capacidad de tener 800 kg más de clavo pulido cada 40 minutos, por ende se recomienda la reparación inmediata de este bombo pulidor para así tener más clavo pulido y que la embaladora tenga un trabajo más continuo.

- **Mejoramiento del estado del piso del área de formado de clavo**

Un factor que ha causado ya varios accidentes por caídas al suelo de los operadores es el aceite de las máquinas regado en el piso del área, el cual por obvias razones, causa que este sea

resbaladizo, peligroso de transitar y además antihigiénico. Por ende la recomendación de mejora va encaminada a sugerir una revisión completa del sistema de cañerías de transporte del aceite lubricante, el cual esta situado alrededor del área y en cada máquina, de esa manera se asegurará la eliminación de cualquier posible fuga o escape del aceite.

Adicionalmente a fugas del sistema de cañerías se tiene también que las mismas máquinas claveras expulsan aceite hacia unos reservorios provisionales propios de ellas. Lo que esta sucediendo es que dichos reservorios no están siendo evacuados por los operadores al realizar las limpiezas y por ende estos se desbordan provocando más problemas en el piso, por esto la recomendación va hacia la coordinación y planeación de limpiezas de las máquinas en donde se incluya la remoción del exceso de aceite para evitar de que este acabe regado en el piso.

- **Mejoramiento del estado del estado de mantenimiento de las máquinas**

La tendencia lógica del mantenimiento de las máquinas es la de prevenir los daños y no repararlos cuando estos ocurran, considerado como el apagar incendios en vez de prevenirlos. Por

esta razón es que como oportunidad de mejora se plantea la elaboración e implantación de un programa de mantenimiento preventivo para las instalaciones de la línea de producción, el cual se hace una necesidad de manera urgente debido a lo exagerado del tiempo de para por daños en las máquinas.

Dicho programa de mantenimiento debe ser elaborado por un grupo de trabajo conformado por los jefes de mantenimiento y producción, un mecánico y un eléctrico, además de la presencia de un operador experimentado de cada área, con esto se aseguraría el funcionamiento óptimo de las máquinas y se aprovecharía al máximo las horas de trabajo del personal de mantenimiento, el cual es personal que pertenece a la nómina de trabajadores de la planta.

#### **4.3. Mejoramiento de estándares de productividad de la línea de producción**

Un problema que se encontró en la línea de producción fue el excesivo tiempo que se consumía al realizar cambios de series en las máquinas trefiladoras, cambios de pares de mordazas y cuchillas en las máquinas formadoras de clavos y en las operaciones de carga y descarga de los bombos pulidores, por

esa razón se realizó un estudio de tiempo de estos procesos, expuesto en el capítulo 3 literal 3.6, para así analizar y buscar vías que reduzcan dichos tiempos hasta el mínimo. A continuación se presentan las conclusiones del análisis efectuado, divididas por actividades, con miras a buscar las mejoras.

- **Mejoramiento del estándar del cambio de serie de hileras de máquina M-1**

Como se puede observar en el apéndice L, se presentan los tiempos de cada actividad correspondiente a este proceso, que en total tarda 37' y 35". Según el análisis efectuado se encontraron los siguientes puntos que se pueden mejorar:

- a. La actividad de retiro de hileras a oficina de producción tarda 4 minutos y 28 segundos debido a que el operador tiene que caminar e ir hacia la oficina para efectuar el retiro de las hileras, en este tiempo no puede dejar encendidas las máquinas, por eso se la considera como demora. Se plantea que las hileras sean colocadas en el mismo lugar de trabajo, así el operador no tendrá que moverse de las máquinas y por ende, no será necesarios pararlas. Con esta mejora se estima que el tiempo de esta actividad se reducirá a aproximadamente 2 minutos.

b. Se tienen dos actividades correspondientes a la preparación de las hileras de trefilación para ser instaladas que actualmente tienen una duración de 4' 40", dicha preparación consiste en buscar dados guías y confeccionar un empaque hecho de cartón, para evitar que se filtre el agua. El procedimiento de confeccionar el empaque es innecesario, ya que existe para ello sellos o fichas ya previamente fabricadas, además que con una organización correcta de los dados usados se tendría oportunamente los dados guías y no constituiría una pérdida de tiempo como lo es ahora. Con la concientización a los operadores por el uso de los sellos y la organización de los dados guías se estima que estas actividades de preparación se reduzcan a 1 minuto por hilera, o sea que en total esta operación tardaría solamente 2' 40".

Con las mejoras en estas actividades, la operación de cambio de hileras de la máquina M-1, se reduciría a 32' y 27", ahorrando en total un tiempo de 5' y 8".

- **Mejoramiento del estándar del cambio de serie de hileras de máquina M-10**

En el apéndice N se pueden observar las actividades y tiempos de

la operación de cambio de la serie de hileras de la máquina M-10, la cual actualmente toma un tiempo de 1 hora y 53 minutos. Analizando todas las actividades de la operación se llegaron a plantear las siguientes mejoras:

- a. Nuevamente la actividad del retiro de hileras, que tarda 5' 20" se la realiza en la oficina de producción ocasionando que el operador pare las máquinas para trasladarse hacia allá; se plantea la colocación de las hileras en el mismo lugar de trabajo, así se evitaría esa inmovilización innecesaria, reduciendo el tiempo de esta actividad a aproximadamente 2' debido a que son 9 hileras que tienen que seleccionar.
- b. Las actividades de preparación las 9 hileras, la cual tiene una duración de 18' 06", se retardan debido a la confección de sellos o empaques de cartón, actividad innecesaria tomando en consideración la existencia de los empaques ya fabricados, los cuales solamente necesitarían ser colocados. Con esta concientización en el uso de dichos empaques el tiempo de preparación de las hileras se reduciría a un tiempo de aproximadamente 1 minuto 30 segundos por hilera, esto es que en total la preparación de las 9 hileras tardaría 13' 30".
- c. El mal estado de la soldadora, problema abordado en el

punto sobre mejoras de aspectos de mantenimiento de este capítulo, causa que las actividades de sacado de punta de la hebra conlleven mayor tiempo que el esperado. Teniendo una soldadora en buen estado estas actividades tardarían aproximadamente 1 minuto, teniendo así mismo que realizarla 9 veces por las 9 hileras.

- d. La actividad de alineación de la hebra tarda 10' 16'', debido al mal estado de los rodillos alineadores ubicados en el recogedor. Con un programa estructurado de mantenimiento preventivo, mejora abordada en el literal 4.2, no se presentaría este problema reduciendo el tiempo de esta actividad a 5' en promedio, tiempo que ha sido comprobado en máquinas que tenían dichos rodillos en buen estado.

Con la consideración de estos puntos de mejora en las actividades del proceso de cambio de serie de hileras y en las condiciones físicas de la máquina M-10, este proceso en total tomaría un tiempo de 1h 31', teniendo una reducción con relación al tiempo actual de 22'. De igual manera en el análisis se concluye la imposibilidad de realizar mayores mejoras debido a lo estructurado y delicado de este procedimiento, donde se deben seguir el orden de las actividades.

- **Mejoramiento del estándar del cambio de serie de hileras de máquina K-5 y K-6**

Debido a la proximidad de las máquinas K-5 y K-6 y la operación en conjunto por parte de un solo trabajador, se unió el análisis de las actividades de cambio de serie de hileras de estas máquinas.

Como se mencionó en el punto anterior, los estructurado de estas actividades hace que no se puedan realizar mayores cambios o mejoras en el orden o manejo de herramientas al realizar los cambios de hileras. Sin embargo de la observación se dedujeron los siguientes puntos:

- a. Al igual que en los análisis anteriores, el retiro de hileras se lo realiza en la oficina de producción, actividad que tarda 5' 23", teniendo el operador que parar la máquina hasta volver con las hileras de reemplazo. Si estas hileras estuvieran colocadas en el mismo lugar de trabajo, esta actividad se reduciría a aproximadamente 1 minuto y 30 segundos por máquina.
- b. Las alineaciones de hebras son actividades que dependen y se ven retrasadas por el estado de los rodillos alineadores del recogedor, por ende si se realizara un mantenimiento preventivo de estos rodillos el tiempo de esta actividad se podría reducir de

11' 08" como máximo a aproximadamente 3' por máquina.  
 Tiempo comprobado en máquinas con rodillos en buen estado.

Actualmente las operaciones de cambio de serie de hileras de las máquinas K-5 y K-6 tardan 44' 25" y 1h 17' respectivamente, si se aplican las recomendaciones planteadas en los puntos a y b el tiempo se reduciría hasta llegar a que estas operaciones tarden, para la K-5, 38' 05" y para la K-6 que tarden 1h 05", teniendo reducciones de 6' 20" y 12' en ambas máquinas respectivamente. En la siguiente tabla se resumen los tiempos de las mejoras en las actividades de cambio de serie de hileras analizadas en el proceso de trefilado.

TABLA XXXIX  
 MEJORAS EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES DE  
 CAMBIO DE SERIE DE HILERAS EN EL PROCESO DE  
 TREFILADO

Máquina	Tiempo actual	Tiempo mejorado	Reducción
M-1	37' 35"	32' 27"	5' 08"
M-10	1h 53'	1h 31'	22'
K-5	44' 25'	38' 05"	6' 20"
K-6	1h 17'	1h 05'	12'

- **Mejoramiento del estándar del cambio de mordazas de las máquinas formadoras de clavos**

Los puntos de mejora planteados en la operación de cambio del par de mordazas de las máquinas claveras son los siguientes:

- a. Si la limpieza de las máquinas claveras fuera continua en cada turno, en la medio hora de traslape, en el momento de realizar el cambio de mordazas la cantidad de mota que retirar sería mínima y por ende el tiempo que tardaría esta actividad se reduciría a un tiempo estimado de 3' por máquina clavera. Por esto la mejora va en la obligación de los operadores en realizar dichas limpiezas de las motas de clavo en cada turno y no solamente cuando existe la necesidad del cambio de mordazas.
- b. Con una mejora que se plantea más adelante en este capítulo sobre la reubicación de las máquinas claveras, al tenerlas agrupadas por tipo, se podrían ubicar dos mesas de trabajo en los extremos del área, en lugares más próximos a las máquinas y por ende el tiempo de traslado del portamordazas, para realizar el cambio de mordazas, a dicha mesa y viceversa se reduciría aproximadamente hasta tardar 10 segundos por viaje, esto es 10 segundos de ida y 10 de venida.

- c. La limpieza de las mordazas viejas extraídas de la máquina es una que es repetida nuevamente por la persona encargada de la rectificación de las mordazas, por ende esta debe ser eliminada del proceso de cambio del par de mordazas ahorrando estos segundos de tiempo.
- d. Igualmente que en el punto b, al tener agrupadas las máquinas por tipo, se puede agrupar también las mordazas de reemplazo, hacia lugares más próximos a su destino, así el tiempo de selección y traslado de las mismas hacia las mesas de trabajo se disminuiría aproximadamente a una duración de 30 segundos por máquina.

Considerando lo anterior, en la siguiente tabla se presenta las estimaciones del tiempo actual y mejorado de las operaciones de cambio de mordazas de las máquinas formadoras de clavos.

TABLA XL  
TIEMPO ACTUAL Y MEJORADO DE LAS OPERACIONES DE CAMBIO DE  
MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS

Tipo de máquina	Tiempo actual	Tiempo mejorado	Reducción
S – 90	33' 29"	30' 06"	3' 23"
W N°3	42' 00"	37' 51"	4' 09"

Tipo de máquina	Tiempo actual	Tiempo mejorado	Reducción
W N°4	38' 56''	34' 35''	4' 21''
W N°5	41' 06''	35' 19''	5' 47''
W N°6	49' 04''	42' 36''	6' 28''
W N°75	36' 03''	32' 03''	4' 00''
S – 170 / W S-100	51' 35''	44' 02''	9' 33''

- **Mejoramiento del estándar del cambio de cuchillas de las máquinas formadoras de clavos**

La operación de cambio de cuchillas es la misma para todas las máquinas claveras, teniendo únicamente variaciones en los tiempos que tardan las diferentes actividades, por ese motivo el análisis de mejoras para este proceso se generaliza. Los siguientes puntos son los que se plantean como oportunidades de mejoras en el proceso de cambio de cuchillas:

- a. La primera actividad de limpieza de la máquina para retirar las motas de clavo se podría reducir si se plantea y exige que en cada turno se realicen limpiezas de las máquinas por parte de los operadores, para reducir la cantidad de mota acumulada al momento de realizar el cambio de las cuchillas; la limpieza no afectará las horas productivas, ya que existe un traslape de

media hora entre turno y turno, el cual esta destinado justamente a labores de este tipo, las cuales no se están efectuando. Esta actividad, se estima que se reduciría de 1' 40" a solamente 30", ya que la cantidad de mota sería mínima.

- b. Con una redistribución de las máquinas claveras, mejora planteada en los siguientes literales, se obtendría que las máquinas del mismo tipo estuvieran juntas y por ende se podría disponer la ubicación de las cuchillas de reemplazo en un lugar aproximado a las mismas, reduciendo así el tiempo que lleva la selección y retiro de las cuchillas y llevarlas hacia las máquinas. Se obtendría una duración de esta actividad de aproximadamente 15' por máquina, además de mejorar el aspecto y orden del área de formado de clavos.
- c. Una mejora explicada en literales siguientes, implica el reentrenamiento de los operadores de esta área y el mantenimiento preventivo de las máquinas, con estos dos aspectos se obtendría una reducción del tiempo de calibración de las cuchillas, ya que este se ve demorado por el estado de algunas partes de las máquinas y por falta de destreza de los trabajadores. En general se estima que la reducción del tiempo de esta actividad llevaría a la misma a una duración de 4' por máquina en promedio.

Teniendo en consideración los puntos anteriores, en la siguiente tabla se presenta las estimaciones del tiempo actual y mejorado de las operaciones de cambio de cuchillas de las máquinas formadoras de clavos.

TABLA XLI  
TIEMPO ACTUAL Y MEJORADO DE LAS OPERACIONES DE CAMBIO DE  
CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS

Máquina	Tiempo actual	Tiempo mejorado	Reducción
S – 90	17' 33"	12' 36"	4' 58"
W N°3	23' 49"	15' 09"	8' 40"
W N°4	19' 57"	15' 03"	4' 54"
W N°5	24' 48"	15' 53"	8' 55"
W N°6	20' 38"	13' 33"	7' 05"
W N°75	20' 45"	14' 06"	6' 39"
S – 170 / W S-100	21' 58"	13' 48"	8' 10"

- **Mejoramiento del estándar del Proceso de carga y descarga de los bombos pulidores**

El proceso de carga y descarga de bombos pulidores consta de aproximadamente 54 actividades que comprenden la operación en los 3 bombos, no tomando en cuenta el cuarto bombo instalado,

debido a su no operación en los instantes de realizar el estudio. En los siguientes puntos se resumen las mejoras que se plantean para este proceso:

- a. Dotar de herramientas adecuadas a los operadores para las actividades de vaciado de los clavos en los bombos y para el aseguramiento de los tornillos de las tapas, ya que la herramienta que actualmente usan los operadores es simplemente un pedazo de tubo cortado y estropeado.
- b. Asegurar la presencia de aserrín en el tanque destinado para este, ya que en ocasiones se presentó la situación en que el operador tenía que recorrer grandes distancias y perder tiempo productivo en ir a retirar aserrín de otros lugares lejos del área.
- c. Asegurar el buen estado del venterol o sistema de aspirado del aserrín por parte del departamento de mantenimiento, ya que este es un factor determinante en el estado final de presentación de los clavos, teniendo que alargar el tiempo de aspirado al presentarse problemas con este sistema. Además se recomienda realizar un análisis más exhaustivo y técnico de mejoras en la velocidad de aspirado y recolección del aserrín usado, para que esta operación se reduzca en tiempo y no sea de 10' como lo es actualmente.

- d. Eliminar las actividades de traslado de la artesa desde la zaranda hacia el lugar de almacenamiento, ya que pueden ser realizadas en el tiempo sobrante que se da hasta que este listo el clavo del bombo #1 después de sus 40 minutos de procesamiento. Con esto se ahorraría en el proceso un tiempo de 5' 16".
- e. Eliminar las actividades correspondientes a subir el tecele en el momento que se va a descargar el clavo. El tecele puede descansar en la parte de abajo sin estorbar al operador mientras realiza esta operación, no existiendo la necesidad de subirlo. Con esto se aporta a la reducción del tiempo del proceso con 1' 43".
- f. El orden recomendado a seguir en el proceso de cargas y descargas de los bombos se lo describe en el apéndice AI, el cual conlleva las siguientes consideraciones:
- Cargar los 3 bombos con clavos, operación que dura aproximadamente 12 minutos, teniendo un tiempo de 28 minutos hasta que este listo el clavo del bombo #1, durante el cual el operador podría cargar el bombo #4 cuando esté reparado, además de realizar tareas de limpieza y ordenación de las artesas.
  - Pasado los 28 minutos, descargar el bombo #1, operación

que lleva 5 minutos, e inmediatamente proceder a su carga, operación que tarda 5 minutos con 19 segundos.

- Después descargar el siguiente bombo, el #2, y proceder inmediatamente a su carga.
- Descargar el bombo #3 y seguido proceder a su carga. El proceso desde la descarga y carga de los 3 bombos dura aproximadamente 33 minutos, teniendo después un tiempo de 17 minutos hasta que este nuevamente listo el clavo del bombo #1, durante el cual se procedería a la carga y descarga del bombo #4 cuando esté reparado.

Tomando en consideración las mejoras planteadas en el proceso, se tendría que la operación completa de cargar los 3 bombos y posteriormente descargarlos y cargarlos nuevamente duraría 1h 20', entonces siguiendo el orden sugerido, en un turno de 7.5 horas, un operador será capaz de pulir aproximadamente 24 artesas en total, o sea 9,600 kg de clavo. (Ver apéndice AI), en vez de las 18 que actualmente se procesan.

#### **4.4. Mejoramiento del flujo de materiales de la línea de producción**

- **Mejoramiento del flujo de producto terminado**

Las cajas de clavos constituyen el producto final de la línea, lo

mismos que son transportados, en una cantidad máxima de 64 cajas por pallet, desde el área de embalaje hasta la bodega de producto terminado. El problema encontrado fue que existían en bodega varios pallets que no contenían las 64 cajas, estos esperaban y eran transportados nuevamente al área de embalaje para ser completados cuando la línea estaba embalando nuevamente ese tipo de clavo, repitiéndose ese proceso hasta completar la cantidad.

Esto ocurre porque la unidad de medida y transporte con que se alimenta a la embaladora son las artesas, las cuales tienen una cantidad aproximada de 400 kg, esto es, 16 cajas. Por ende la mejora va encaminada a que el operador encargado de pulir clavos escoja primero el tipo de clavo que tenga mínimo 4 artesas en existencias o una cantidad múltiplo de 4 como 8, 12, etc., para así, al final del proceso tener pallets completos con 64 cajas y que estos no tengan que regresar nuevamente para ser completados.

Obviamente al ya no tener tipos de clavos que tengan una cantidad de artesas en stock igual a múltiplos de 4, se escogerán las que tengan la mayor cantidad, o sea, 3 o 2, para así evitar los cambios de zaranda al realizar cambios de medidas, que es otra operación que resta tiempo.

Con esta mejora se liberará de ocupaciones al montacargas para realizar otra actividad, se mejorará la distribución en la bodega de producto terminado y por ende no se perderá tiempo con transportes repetitivos e innecesarios.

- **Mejoramiento del flujo de artesas con clavo hacia el área de pulición**

Con la redistribución propuesta de las máquinas claveras del área de formado de clavo, propuesta en el siguiente literal, además de mejorar el aspecto funcional y los espacios entre máquinas, se mejora el aspecto relacionado al flujo de artesas desde las máquinas hacia el área de pulición, como se puede observar en el plano 6, al tener las máquinas claveras que producen la mayor cantidad de artesas cerca del área de destino, se recorta la distancia que tienen que recorrer, provocando por ende una disminución del tiempo en que la máquina debe estar parada por reemplazo de artesa vacía.

Las máquinas W N°3 que producen la menor cantidad de artesas por turno, en la redistribución propuesta son las que están más alejadas del área de pulición, ya que apenas estas producen una artesa diaria aproximadamente.

#### **4.5. Planteamiento de los puntos de Control del Proceso de producción**

Los puntos de control del proceso son las instancias o momentos en las cuales los operadores tendrán que realizar un control sobre alguna característica de calidad del producto que estén fabricando en ese momento, lo cual ayudará a asegurar el cumplimiento de las normas de fabricación exigidas. Obviamente estos controles también ayudarán a descubrir y evitar en el momento oportuno problemas diversos que pudieran causar paros de máquinas innecesarios.

Para poder determinar las características de calidad que se necesitan medir al momento de efectuar un control usaremos una técnica llamada AMFE<sup>1</sup> (Análisis Modal de Fallos potenciales y sus Efectos), la cual trata de resolver los problemas que puedan surgir en un proceso, esta consiste en enumerar cada uno de los posibles fallos y a través de una valoración de gravedad de los efectos y la frecuencia de aparición de las causas establecer un ranking.

---

<sup>1</sup> Fuente: Técnicas para la gestión de calidad por Pedro Grima Cintas y Javier Tort-Martorell Llabres, editorial Diaz de Santos

En esta técnica aparecerá el NPR (Número de prioridad de riesgo) el cual es el producto de la valoración de la frecuencia (Fre), gravedad (Gra) y detección (Det), usando este valor para ordenar los problemas por orden de importancia.

Para una mejor descripción y entendimiento de los puntos de control en proceso que se deben dar, se dividirá el análisis en los tres procesos de la línea, ya que cada uno de ellos posee características diferentes en lo que respecta a factores críticos que determinan la calidad del producto.

- **Proceso de Trefilación**

En la tabla XLII, a continuación presentada, se muestra el AMFE del proceso de trefilado por medio del cual, se determinan las características de calidad determinantes del producto, en este caso el alambre trefilado, y que necesitamos controlar para así evitar problemas de calidad durante el proceso de trefilado y por consecuencia en el proceso siguiente de la línea.

Al realizar el análisis propuesto en el AMFE se observa que los puntos más críticos que pudieran afectar la calidad del producto, el alambre trefilado, son: especificaciones de la materia prima, la

temperatura y por ende la presencia de agua en las bobinas, la medida del diámetro del alambre, la presencia de jabón lubricante en las jaboneras, estado de las hileras en lo que respecta a alambres con ovalidad y la alineación del alambre del recogedor.

Las características de la materia prima se basan en el SAE<sup>2</sup> que se esté utilizando y el diámetro del alambrón, del jabón lubricante se debe asegurar su presencia en las jaboneras en cantidades y condiciones aceptables, de las hileras se debe controlar el diámetro y ovalidad del alambre que sale de ellas, las temperaturas se las controla por la presencia de agua refrigerante y la alineación se la controla por el corte de un segmento de alambre que sale del recogedor.

Para lograr este control se propone el uso de una hoja o formato de control en proceso, el cual se lo puede observar en el apéndice AJ, en la cual están especificados todas las características anteriormente nombradas con sus respectivos valores límites y obligadas a efectuar en los momentos críticos donde se pueden producir las fallas.

---

<sup>2</sup> SAE: Cantidad de carbono presente en la composición química del alambre

TABLA XLII  
AMFE DEL PROCESO DE TREFILADO

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Carga de máquina con materia prima (alambrón)	Colocación de alambrón fuera de especificaciones	Alambre trefilado con dureza fuera de especificaciones	9	El operador no revisó el tipo de alambrón que estaba cargando a la máquina	4	Ninguno	7	252	Control en línea del tipo de alambrón cargado a la máquina
Trefilación de alambre	Alambre fuera de especificaciones del diámetro	Problemas en máquinas del proceso de formado de clavo	5	Hilera desgastada	6	Ninguno	5	150	Control en proceso del diámetro del alambre

Con esto se logrará eliminar las posibles causas de paros de máquinas por hileras pasadas de medidas y se disminuirá las pérdidas de tiempo por roturas de hebra al disminuirse las mismas, además que adicionalmente se asegurará la calidad del alambre trefilado en cada turno de producción.

- **Proceso de Formado de clavo**

En la tabla XLIII se muestra el AMFE del proceso de formado de clavo por medio del cual se busca determinar las características de calidad determinantes del producto.

De la tabla podemos concluir que los factores críticos del proceso de formado de clavos son la medida del alambre trefilado que se carga en la máquina y el estado de la cabeza y punta del clavo. Ambas características son manejadas por el operador del área quien selecciona el alambre a cargar en las máquinas siendo además quien calibra las mordazas y cuchillas, herramientas que determinan la forma de la cabeza y punta del clavo. El control en línea sugerido en este proceso tiene que darse al momento de cargar el alambre trefilado, en donde el operador deberá chequear la medida del diámetro en la parte del inicio, intermedio y final del spider.

TABLA XLIII  
AMFE DEL PROCESO DE FORMADO DE CLAVO

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Carga de las máquinas claveras con alambre trefilado	Colocación de alambre de diferente medida de diámetro	Producción de clavo de mala calidad	9	Equivocación del operador al momento de cargar la máquina con alambre	4	Ninguno	3	108	Fijar un punto de control en proceso al momento de cargar máquina
Formado de clavo	Clavo con cabeza o punta mal formada	Producción de clavo de mala calidad y acumulación de desperdicio	9	Descalibración o desgaste de piezas durante el proceso de producción	6	Ninguno	6	324	Fijar un control en línea durante la producción de los clavos

La otra característica de calidad se considera más difícil de controlar, en el sentido de que no existen datos de en cuanto tiempo se tienen desgastes de las cuchillas o mordazas, causante principal de clavos mal formados.

Por ese motivo se recomienda realizar un estudio para determinar el comportamiento de las cuchillas y mordazas instaladas en las máquinas claveras, para así determinar su vida útil y poder estructurar un mejor control en línea para este proceso.

- **Proceso de Pulición y Embalaje**

En la tabla XLIV se muestra el AMFE del proceso de formado de clavo, con el cual se busca la determinación de los factores críticos de la calidad de las cajas de clavos como producto final. De esta tabla podemos concluir que el peso de las cajas llenas de clavos es el factor más determinante en la calidad del producto, debido a que la calidad del clavo formado viene ya asegurada del control del proceso anterior.

Las cajas deben tener un peso de 25 o 10 kg dependiendo de la presentación, la misma máquina embaladora posee una balanza interna la cual pesa la cantidad exacta de clavo que se envía a la

caja, dicha balanza es susceptible a descalibraciones que pudieran ser solucionadas a tiempo con un mantenimiento preventivo, el cual es parte de una mejora de este capítulo.

Sin embargo la posible descalibración de esta balanza es rápidamente encontrada en el único control en línea existente en este proceso, el cual es la balanza ubicada antes de los rodillos transportadores, donde la caja con clavos previamente a ser sellada es pesada para verificar la cantidad correcta de 25 o 10 kg. Dicha balanza es susceptible igualmente a descalibraciones por condiciones de trabajo, por consiguiente la mejora va enfocada a establecer un programa de calibración, que acompañado con un estudio que determine su comportamiento, pueda estimar el tiempo en el cual esta necesite de ajustes o reparaciones.

#### **4.6. Mejoramiento de las áreas de trabajo de la línea de producción**

- **Mejoramiento de la ubicación de las 24 máquinas claveras**

Como principios básicos para reubicar las máquinas claveras se tomó en cuenta la agrupación de mismos tipos de máquinas, esto es poner juntas todas las máquinas N°3, N°4, etc. para así poder juntar las herramientas de esas máquinas en un solo lugar.

TABLA XLIV

## AMFE DEL PROCESO DE PULICIÓN Y EMBALAJE

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Embalaje de cajas con clavos	Cantidad de kilos de clavos con demasiada variabilidad	Cajas con peso variable	9	Descalibración de la balanza de la interna de la máquina embaladora	4	Verificación del peso de las cajas durante antes de ser selladas	1	36	Verificar el mantenimiento preventivo de la embaladora automática
Verificación del peso de las cajas con clavos	Balanza no mide correctamente el peso	Cajas con peso variable	9	Descalibración de la balanza ubicada después de la embaladora	5	Ninguno	4	180	Implementar un programa de calibración de la balanza

Sumado a esto, se debe tomar en cuenta la cantidad de artesas que las máquinas producen por turno, esto va en función de los kilos por turno, ya que las que produzcan una mayor cantidad deberán estar más cerca del área de pulición para así ahorrar movimientos. Esta información se la puede observar en la tabla XXIX del capítulo 3, en la cual se nombran las máquinas con sus respectivas capacidades.

De igual manera se deben considerar las velocidades de las máquinas, o sea, los clavos producidos por minuto, así se debe tratar de colocar grupos de máquinas rápidas junto a grupos de máquinas lentas, para que el operador tenga mayor facilidad de realizar controles. Por último, la consideración del espacio entre las máquinas es otro factor importante, ya que las que sean de mayor tamaño deberán tener un poco más de espacio entre ellas en comparación con las más pequeñas, en general, el espacio debe ser el suficiente para que una persona pueda trabajar sin ser afectado por el funcionamiento de una máquina contigua.

En el plano 6 se muestra la nueva distribución propuesta del área de formado de clavo; se ha tenido la necesidad de mover 18 máquinas de 24 en total para conseguir la distribución más

adecuada a las características físicas y de flujo de materiales. En la siguiente tabla se muestra el nuevo orden de las máquinas con sus respectivas capacidades.

TABLA XLV  
ORDENAMIENTO PROPUESTO DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS CON  
SUS RESPECTIVAS VELOCIDADES Y CAPACIDADES

Orden	Ubicación anterior	Ubicación propuesta	Capacidad <sup>3</sup> (clavos / minuto)	Capacidad <sup>4</sup> (kg / turno)
1	S 170	S 170	483	1050
2	W N°4-3	W N°4-1	524	421
3	W N°4-4	W N°4-2	521	419
4	W N°5-1	W N°4-3	548	897
5	W N°4-5	W N°4-4	524	857
6	W N°75-1	W N°4-5	511	411
7	W N°3-5	W N°3-1	710	253
8	W N°3-4	W N°3-2	713	106
9	W N°3-3	W N°3-3	725	258
10	W N°3-2	W N°3-4	717	135

<sup>3</sup> La Capacidad (clavos / minuto) es teórica.

<sup>4</sup> La Capacidad (Kgs. / turno) es la real, esto es, ya aplicado el rendimiento

Orden	Ubicación anterior	Ubicación propuesta	Capacidad <sup>5</sup> (clavos / minuto)	Capacidad <sup>6</sup> (kg / turno)
11	W N°3-6	W N°3-5	708	105
12	W N°6-1	W N°3-6	718	159
13	W N°6-2	W N°75-1	397	319
14	W N°3-1	W N°75-2	523	856
15	W S70	W N°75-3	511	411
16	W N°75-2	W N°75-4	393	316
17	W N°4-1	W S70	388	138
18	W N°75-3	W N°5-1	439	718
19	S 90	W N°5-2	439	718
20	S 90	S 90	438	139
21	W N°4-2	S 90	439	139
22	W N°75-4	W N°6-1	302	1726
23	W N°5-2	W N°6-2	381	933
24	W S100	W S100	718	159

Como se puede observar en el plano 6 y en la tabla anterior, las máquinas que producen mayor cantidad de artesas por turno están lo más cerca posible del área de pulición, al igual que se han

<sup>5</sup> La Capacidad (clavos / minuto) es teórica.

ubicado máquinas del mismo tipo juntas e intercalado máquinas lentas junto a máquinas rápidas.

Incluso con la reubicación se tiene un espacio de 3.26 metros entre las máquinas W N°4-5 y W N°3-1, el cual es suficiente para ubicar alguna máquina nueva que se piense adquirir en un futuro.

El espacio más pequeño entre máquinas mide 57 centímetros estando entre las S 90, máquinas de tamaño mediano, en cambio que la separación más grande, de 1.24 m., está entre las máquinas W N°4-1 y W N°4-2 la misma que es la original que existía antes, ya que estas dos máquinas no se han trasladado. De esta manera se pueden agrupar las herramientas de reemplazo como mordazas o cuchillas por tipo de máquina y colocarlas lo más cerca posible a las mismas, además de que se asegura un desenvolvimiento seguro. El área modificada junto al resto de la planta se la puede observar en el plano 7.

- **Mejoramiento de la iluminación del área de embalaje de clavos**

Después de la inspección visual realizada al área de pulición y

---

<sup>6</sup> La Capacidad (Kg/turno) es la real, ya aplicado el rendimiento

embalaje se encontró que existían varias lámparas en mal estado y otras sin los respectivos tubos fluorescentes, de ahí la recomendación que el departamento de mantenimiento realice la revisión y reparación inmediata del sistema de iluminación del área, ya que especialmente en los turnos de la noche, la visibilidad se hace defectuosa siendo más difícil captar detalles de los clavos.

Igualmente como propuesta de mejora se recomienda la adquisición de una lámpara tipo campana con bulbo de sodio que tenga una potencia luminosa de 200 W para que sea ubicada en la parte superior de la máquina embaladora, justo arriba de la balanza en donde el operador verifica el peso de la caja, ya que es el lugar en donde se tiene más contacto visual con los clavos. Se sugiere ese tipo de lámpara por la intensidad luminosa que proveen, por sus características de larga vida, y por sus costos medios; no se propone el uso de lámparas de tipo tubo fluorescente, como ya existen, ya que proporcionan solamente una iluminación de aproximadamente 80w, y en esa parte de la embaladora se necesita captar una mayor cantidad de detalles.

- **Mejoramiento sobre número de cañoneras de la máquina trefiladora M-10**

Lo ideal sería tener por lo menos dos cañoneras por trefiladora para así no tener que parar la máquina al momento de las labores de carga de materia prima se realicen mientras esta se encuentra en funcionamiento. Como se puede observar en los planos 2 y 3, las máquinas K-5, K-6 y M-1 poseen dos cañoneras por máquina, teniendo la máquina M-10 solamente una.

Aunque la máquina M-1 posea dos cañoneras esta no resulta de gran ventaja ya que justo en la dirección del centro de las dos se encuentra un pilar que sostiene la estructura del galpón, mismo que es inmóvil, haciendo que no se puede realizar la misma operación de carga que se realiza en la K-5 y K-6 teniendo que parar la máquina para poder soldar la punta del nuevo rollo.

En el caso de la M-10, por ser una máquina que está ubicada a un extremo, según el plano 3, se da la posibilidad viable de colocar una segunda cañonera y por ende recortar en gran medida el tiempo de 8' y 7" que tarda el operador en la operación de carga de material, teniendo en consideración que este es el tiempo que se para la máquina aproximadamente 3 veces por turno. Con esto la recomendación de fabricar e instalar una segunda cañonera para la máquina M-10 constituye un factor de mejora para el área.

#### **4.7. Mejoramiento de los aspectos sobre recursos humanos de la línea de producción**

- **Mejoramiento sobre el uso del micrómetro**

Uno de los factores más críticos del proceso de trefilado y característica principal de calidad de los alambres y clavos formados es la dimensión del diámetro, la cual debe apegarse a un rango de tolerancia establecido (ver apéndice I)

Para realizar estas mediciones se utilizan en la planta los micrómetros, instrumento de medición que sirve para calibrar diámetros, que lamentablemente, según resultados de la comprobación de hipótesis en el capítulo anterior, no es usado en forma adecuada por parte de los operadores, teniendo problemas al realizar la medición.

Por esa razón se hace necesario elaborar y llevar a cabo un programa de capacitación a los operadores sobre el uso de instrumentos de medición, específicamente del micrómetro, especialmente a los de trefilado, ya que son los proveedores del alambre materia prima en los siguientes procesos.

Esta capacitación debe ser impartida por un profesional, tal como un tecnólogo, que en un curso de 10 horas, imparta todos los conocimientos básicos sobre el uso de este instrumento de medición. Dichos cursos pueden ser repetidos o ampliados en años siguientes para asegurar la continuidad y el reforzamiento de conocimientos, además de poder ampliarlo a operadores de otros procesos que también necesiten del uso del micrómetro.

- **Mejoramiento sobre calibraciones a las máquinas formadoras de clavos y uso correcto de herramientas de trabajo**

De igual manera, un problema encontrado en el área de formado de clavo son las repetidas reparaciones que se tienen que hacer a las máquinas por causas de malas calibraciones efectuadas por los operadores tales como ajuste excesivo de pernos o tuercas, las cuales obviamente colapsan produciendo un daño mayor.

Por estos motivos se recomienda un reentrenamiento a los operadores del área de formado de clavos, para así llenar los vacíos que tengan sobre el conocimiento de las correctas formas de calibrar las máquinas sin provocar daños. Adicionalmente capacitarlos en el correcto uso de las herramientas, como llaves

de tuercas, dados, raches, etc., ya que este factor puede ser otra causante de malas calibraciones y de los paros de máquinas.

El reentrenamiento sobre las correctas formas de calibrar las máquinas debe ser impartido por una persona con conocimiento y experiencia en las mismas, quien puede ser el mismo jefe de mantenimiento, el cual conoce que partes sufren más daño y cuales son las más reemplazadas, además de contar con una basta experiencia personal anterior en la operación de las máquinas formadoras de clavos, haciéndolo sin duda, en la mejor opción para impartir esta capacitación.

En cambio que la instrucción sobre el correcto uso de las herramientas de trabajo se la puede delegar a un profesional en la materia quien proporcionará los conocimientos básicos. Con estas capacitaciones continuas se logrará mejorar el nivel de conocimientos de los trabajadores, además de involucrarlos más en el buen desenvolvimiento de la planta.

- **Mejoramiento sobre el uso de equipos de protección personal**

Como se mencionó en el capítulo 3, al describir las características de la línea, los equipos de protección utilizados en la planta son

los adecuados y se ajustan a las condiciones actuales, sin embargo, los factores de falta de control y poca exigencia en su uso, sumado al desconocimiento e idiosincrasia de los operadores, hace de que estos no sean empleados en forma correcta.

El planteamiento de la mejora en este aspecto va encaminada a obtener el compromiso, por parte de los jefes de la planta, de controlar y exigir el uso de los equipos de protección, tales como tapones auditivos, orejeras, casco protectores, gafas, guantes, etc, para así evitar al máximo cualquier posibilidad de accidentes, precautelar la salud de los trabajadores y apearse a los estándares y normas que dictan los organismos de control.

El uso de estos equipos, mas que estar fundamentado en una obligación, debería estarlo en el conocimiento y concientización de los propios operadores sobre las ventajas y cuidados propios que brindan, por esto también se recomienda dictar charlas a los trabajadores sobre los distintos aspectos de seguridad industrial en lo referente a los beneficios de usar un equipo de protección para que ellos mismos se formen un concepto de la importancia de emplearlos. Dichas charlas pueden ser dictadas por profesionales en la materia provenientes de los mismos proveedores de los

equipos, los cuales en ocasiones han brindado su asesoría y han manifestado la capacidad de realizarlo sin costo para la empresa.

#### **4.8. Planteamiento de mejoras del flujo de información entre los departamentos participantes en el proceso de planificación**

- **Mejoramiento del proceso de planificación interno de la producción de la planta**

Este punto va encaminado a la recomendación al departamento de planificación general de la matriz ubicado en la ciudad de Quito, de planear en una mejor forma las entregas a clientes de producto final, ya que en repetidas ocasiones, las urgencias de despachos a ciertos clientes, causan que la matriz ordene la realización de un pedido urgente, implicando el cambio no programado de calibración de las máquinas de la línea, creando obviamente interrupción de trabajos y pérdida de tiempo productivo.

Si las entregas de los pedidos fueran planificadas y avisadas con anticipación a la planta de Guayaquil, internamente se podría planificar de la mejor manera los cambios y distribuir eficientemente las horas máquina y horas hombre.

# **CAPÍTULO 5**

## **5. DISEÑO DEL PLAN DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS**

En un proyecto de mejoras no es suficiente encontrar las soluciones a los problemas hallados en el estudio, además de aquello hace falta demostrar de forma financiera la factibilidad de la aplicación de dicha solución. Esta manera es la limitante que clasifica todas las posibles soluciones que se nos puedan ocurrir y concentrarnos solamente en las más económicas o generadoras de ahorro. En el presente capítulo se analizará los aspectos financieros de las soluciones planteadas en el capítulo anterior, revisando sus costos de aplicación y comparándolas con el beneficio que generarían, de esa manera se asegura en forma total de que las sugerencias realizadas en este estudio van a generar ahorros significativos para la línea de producción y por ende para la planta.

### **5.1. Determinación de actividades para la implantación de mejoras**

Por la forma en que la línea de producción esta dividida, la descripción de las actividades se la realizará dividiéndolas en los 3 procesos principales anteponiendo las que son de aplicación general.

- **Aplicación General**

Las actividades a realizarse en los todos los procesos de la línea de producción son los siguientes:

#### **Estandarización de los procedimientos que se dan en los procesos de la línea de producción**

Responsable: Jefe de Sección de la planta.

Actividades: Contratación de los servicios de dos estudiantes de últimos niveles que estén cursando una carrera en cuyo pénsum académico tengan bases en ingeniería de métodos y procesos industriales, quienes revisarán y analizarán la teoría y documentación existente sobre los procesos de la línea, con el fin de realizar procedimientos y manuales de operaciones para las 3 áreas, los mismos que deberán ser aplicables a las realidades existentes de la línea.

**Capacitación a los operadores de la línea sobre el correcto uso del micrómetro y herramientas de trabajo**

Responsable: Jefe de Planta.

Actividades: Contratar los servicios de un profesional con experiencia, para que dicte un curso sobre metrología, centrándose en el micrómetro y sobre instrucciones del buen uso de herramientas de trabajo. Este tendría una duración de 12 horas y sería de carácter teórico práctico.

**Análisis de las necesidades y niveles de rotación de los repuestos en la bodega de mantenimiento.**

Responsables: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, Bodegueros.

Actividades: Plantear a los jefes de mantenimiento y de producción la necesidad de cambiar la política de compra de repuestos, al tratar de tener un stock mínimo de los más usados. Para esto se recomendará la necesidad de realizar un estudio sobre las compras emergentes realizadas de repuestos y de los niveles de rotación de los previamente existentes con el fin de determinar los más importantes para tenerlos en la bodega y no retardar el

tiempo de reparación de una instalación por falta de repuestos.

### **Control y concientización sobre el uso de equipos de protección personal**

Responsable: Jefe de Sección de la Planta.

Actividades: Se plantean dos actividades, la primera es el obtener el compromiso por parte de los jefes de que se lleven a cabo todas las medidas de control necesarias para asegurar el correcto uso, por parte de todos los trabajadores, de los equipos de protección necesarios en cada área de trabajo de la línea. Como segunda actividad se plantea la concientización a los trabajadores sobre las razones del uso de los equipos, como tapones auditivos, cascos, mascarillas, etc., por medio de charlas o conferencias dictadas por personas profesionales y con experiencia que expliquen al personal las ventajas de usarlos y desventajas del no hacerlo.

### **Revisión de prioridades en los plazos de entrega de pedidos de los clientes**

Responsable: Personal de planificación de la matriz (Quito), Jefe de Sección de la Planta (Guayaquil)

Actividades: Plantear a las personas encargadas de las planeaciones de las fechas de entregas de productos a los clientes, las cuales tienen su lugar de trabajo en las oficinas de la matriz en Quito, la revisión de las formas o procedimientos usados, ya que en muchas ocasiones se le ordena a la planta realizar de manera urgente un pedido específico, que por razones ajenas, tiene que ser entregado en forma urgente, causando un cambio de programación interna y cambios en los ajustes de varias máquinas. Dicho planteamiento irá acompañado con los datos obtenidos en este estudio sobre los costos en que se incurren al ocupar el tiempo productivo en cambios no programados de máquinas.

#### **Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo de las instalaciones de la línea**

Responsables: Jefe de Mantenimiento, Jefe de Sección, Personal de mecánicos.

Actividades: Plantear al jefe de mantenimiento la necesidad de elaborar e instaurar un programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones de la línea de producción, ya que las mismas son reparadas y mantenidas solamente cuando se presenta alguna

anomalía. Con un programa elaborado se planeará cuándo y dónde realizar los ajustes en las máquinas, se administrarán mejor las horas de trabajo de los mecánicos y electricistas de la empresa, y se evitarán daños mayores y por ende menos pérdidas de horas productivas por paros de máquinas.

Dicho programa de mantenimiento preventivo, además de contar en su elaboración con el jefe de mantenimiento, debería tener al jefe de producción, mecánicos, electricistas y de ser mejor al mismo jefe de planta, el cual domina el tema de mantenimiento de las máquinas existentes en la planta. Adicionalmente se debe exigir a los trabajadores, el uso de las hojas de reportes de daños a mantenimiento, las cuales facilitan la comunicación e identificación de los problemas de las máquinas, especialmente en momentos donde no existe personal de mecánicos laborando en un turno, de esta manera se conseguiría una mejor relación entre los departamentos de producción y de mantenimiento, la cual es de mucha importancia.

**Capacitación a jefes de la planta sobre aspectos de calidad y estandarización de procesos**

Responsables: Jefes de la Planta.

Actividades: Concientizar a los jefes de la planta, por medio de una capacitación dictada por un profesional experimentado, sobre la importancia y beneficios de tener controles en línea de los procesos y la estandarización de los mismos, los cuales son conceptos relacionados con la calidad de los productos.

- **Proceso de Trefilado**

Las actividades de mejora que se plantearán realizar en el proceso de trefilado son las siguientes:

**Elaboración e implantación de un sistema de control en línea para el proceso de trefilado**

Responsable: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Iniciar con las actividades para preparar la implantación de un sistema de control en línea para cada máquina trefiladora, o sea para cada proceso de trefilado, primeramente elaborando las hojas de control respectivas, las cuales serán llenadas en el transcurso del turno por los operadores, los mismos que recibirán la preparación previa para entender y darle el mejor uso a estos formatos. La documentación será recogida y archivada por la persona encargada de la gestión de calidad de la planta, la

cual realizará los análisis respectivos si se encontrase alguna anomalía.

### **Mantenimiento a las soldadoras de tope de las máquinas trefiladoras**

Responsable: Jefe de Mantenimiento.

Actividades: Recomendar al departamento de mantenimiento la revisión inmediata y reparación de daños que se presenten en las soldadoras de tope de las máquinas trefiladoras, ya que su mal funcionamiento causa que el trabajo de los trefiladores se retrase y por ende se pierda tiempo. Además se recomienda la inclusión de las soldadoras en un programa de mantenimiento global de todas las instalaciones de la línea de producción, así se asegura el funcionamiento óptimo de las soldadoras de tope.

### **Construcción e instalación de una cañonera adicional para la máquina trefiladora M-10**

Responsable: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento.

Actividades: Construir e instalar una nueva cañonera para la máquina trefiladora M-10, adicional a la ya existente, para que

esta no se detenga de producir al momento de realizar las operaciones de carga de materia prima.

### **Reducción del tiempo que tarda el cambio de serie de hileras de las máquinas trefiladoras**

Responsable: Jefe de Mantenimiento, Jefe de Sección.

#### **a) Máquina M-1**

Actividades: Ubicación de las hileras de reemplazo para la máquina M-1 en el mismo lugar de trabajo, para que de esa manera el operador no tenga que movilizarse hasta las oficinas para buscarlas. Además concientizar a los operadores sobre el uso de los sellos o fichas ya fabricados para ponerlos entre las hileras y la organización de los dados guías en el mismo lugar de ubicación de las hileras nuevas, así no se perderá tiempo en la elaboración de empaques de cartón innecesarios.

#### **b) Máquina M-10**

Actividades: Ubicación de las hileras nuevas de reemplazo en el mismo lugar de trabajo donde se encuentra ubicada la máquina. Concientizar a los operadores en el uso de los sellos o fichas ya fabricadas para colocarlas entre las hileras en vez

de cartones cortados a mano, además de la organización y ubicación de los dados guías en el mismo lugar donde se ubicarán las hileras nuevas de reemplazo. Recomendar la inclusión en el plan general de mantenimiento de la máquina, la revisión de los rodillos alineadores del recogedor, para que de esa manera la labor de alineación de la hebra sea más rápida.

c) Máquinas K-5 y K-6

Actividades: Ubicación de las hileras nuevas de reemplazo en el mismo lugar de trabajo donde se encuentra ubicada la máquina. Recomendar la inclusión de los rodillos alineadores del recogedor en el programa general de mantenimiento para la máquina, de esa manera se asegurará su buen estado y se acortará en tiempo perdido en realizar la alineación de la hebra.

• **Proceso de Formado de Clavo**

Las actividades de mejora que se recomiendan para el proceso de formado de clavo son las siguientes:

**Elaboración e implantación de un sistema de control en línea para el proceso de formado de clavo**

Responsable: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: En este caso, como se explicó en el literal 4.5 del capítulo anterior, el sistema de control de proceso tendrá sus inicios con un estudio del comportamiento de las cuchillas o mordazas de las máquinas en funcionamiento, hasta entonces el control, por la naturaleza del proceso será de forma permanente donde el operador esta obligado en cada momento a chequear el estado de los clavos que se están produciendo en las diferentes máquinas asegurando de esa manera el proceso.

### **Reentrenamiento a los operadores del proceso de formado de clavos**

Responsables: Jefe de Mantenimiento, Jefe de Sección.

Actividades: Impartir una capacitación, en forma de reentrenamiento a los operadores del proceso de formado de clavo, el mismo que tendrá como versará sobre las correctas formas de realizar las calibraciones de las máquinas, como por ejemplo los cambios de cuchillas, cambios de mordazas, el mismo que será impartido por el jefe de mantenimiento quien tiene la experiencia y conocimiento suficientes acerca de las máquinas formadoras de clavos, además de saber los problemas más frecuentes causados por malas calibraciones de los operadores. El

entrenamiento no tendrá una duración de más de 3 horas, siendo 1 de teoría y 2 de práctica, y será dado en forma personal a cada operador por individual.

### **Reubicación de las 24 máquinas claveras**

Responsables: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Sección, Personal de Mecánicos y Electricistas.

Actividades: Elaborar un estudio para la reubicación de las 24 máquinas claveras ubicadas en el área de formado de clavos, con el fin de ordenarlas y situarlas de la manera más óptima para que el funcionamiento de este proceso sea el mejor y así disminuir movimientos y dinamizar la línea de producción.

### **Revisión del sistema de cañerías de lubricación de las máquinas claveras**

Responsables: Jefe de Mantenimiento, Personal de Mecánicos.

Actividades: Pedir al departamento de mantenimiento la revisión completa del sistema de cañerías de lubricación de las máquinas claveras para encontrar y reparar fugas de aceite que causan que el piso del área se encuentre siempre en mal estado.

**Reducción del tiempo que tarda el cambio de cuchillas de las máquinas formadoras de clavos**

Responsables: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Exigir a cada turno de trabajo la limpieza y retiro de los residuos de mota de clavo, que queden al final de la jornada, de todas las máquinas que hayan trabajado. Además que con la reubicación de las máquinas claveras se agruparán las herramientas de reemplazo por tipo de máquina y serán situadas lo más próximo a dichas máquinas.

**Reducción del tiempo que tarda el cambio de mordazas de las máquinas formadoras de clavos**

Responsables: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Exigir a cada turno de trabajo la limpieza y retiro de la mayor cantidad de mota que se acumule en el turno de las máquinas en que haya trabajado dicho operador, para que de esa manera al realizar el cambio de mordazas la cantidad de mota retirada sea la menor. Ubicar una segunda mesa de trabajo en la segunda mitad del área de formado de clavo, para así acortar el tiempo de transporte del portamordazas. Eliminar la actividad de

limpieza de las mordazas viejas retiradas de la máquina, ya que esta puede ser realizada por la persona encargada de la rectificación de las mismas. Agrupar las mordazas por el tipo de máquina y ubicarlas cerca de las mismas para disminuir los tiempos de transporte y selección.

- **Proceso de Pulición y Embalaje**

Las actividades ha realizar para mejorar el proceso de pulición y embalaje se detallan a continuación:

**Elaboración e implantación de un sistema de control en línea del proceso de pulición y embalaje**

Responsable: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Plantear la necesidad de elaborar un sistema de chequeo de calibración de la balanza externa a la máquina embaladora, ya que esta es el medio con el cual se realiza el control en proceso del peso de las cajas de clavos.

**Stock permanente de una banda transportadora**

Responsable: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento.

Actividades: Sugerir al jefe de producción y mantenimiento la compra de una banda transportadora de repuesto, de la máquina embaladora, para usarla en caso de daños imprevistos.

### **Reparación de bombo pulidor**

Responsables: Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento.

Actividades: Pedir al departamento de mantenimiento la reparación inmediata del bombo #4 del área de pulición para así no perder capacidad productiva.

### **Pulición primeramente de tipos de clavos con la mayor cantidad de artesas en stock**

Responsables: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Instruir e indicar a los operadores del área de pulición y embalaje que seleccionen y e introduzcan en los bombos primeramente el tipo de clavo que tenga la mayor cantidad de artesas llenas para que sean pulidos y posteriormente embalados y se consigan pallets completos, evitando la recirculación de pallets, y obteniendo una continuidad del proceso al tener menos cambios y limpiezas.

**Reparación de luminarias existentes en el área de pulición y embalaje e instalación de una nueva**

Responsable: Jefe de Mantenimiento, Personal de Eléctricos.

Actividades: Solicitar al departamento de mantenimiento la revisión y reparación de las luminarias existentes en el área de pulición y embalaje. Además, solicitar la instalación de una nueva luminaria, un foco industrial de 250 w tipo campana, ubicándola justo por encima de la máquina embaladora.

**Reducción del tiempo del proceso de carga y descarga de los bombos pulidores**

Responsables: Jefe de Sección, Operadores del Área.

Actividades: Solicitar al departamento de mantenimiento la construcción de una nueva herramienta usada para atornillar y destornillar las tapas de los bombos pulidores. Exigir y controlar que los operadores de los montacargas y del área de pulición mantengan siempre el tanque de aserrín con suficiente suministro para trabajar en el turno. Pedir al departamento de mantenimiento la revisión completa del sistema de aspirado del aserrín de los bombos pulidores. Instruir a los operadores del área de pulición a

que adopten el procedimiento planteado en el apéndice AI, donde se muestra el proceso mejorado de carga y descarga de los bombos pulidores consiguiendo de esa manera la reducción en el tiempo de esta actividad.

## **5.2. Análisis Costo – Beneficio de las mejoras planteadas**

Una vez que se han descrito las actividades de las mejoras planteadas, antes de ponerlas en práctica es necesario realizar un análisis de los costos que estas representan y de los beneficios que generarían al ser implantadas.

Este análisis costo – beneficio tiene sus diferencias con el tradicional, ya que en esta oportunidad solamente se tiene una alternativa para cada problema y lo que se va a demostrar es que los beneficios de la mejora, van a generar ahorros superiores a los costos que conllevaron ponerla en práctica. De esta forma primero se detallarán los costos y posteriormente los beneficios generados de cada mejora para compararlos, llegando a finalizar con la conclusión de su viabilidad o conveniencia.

En algunos casos los beneficios generados por las mejoras planteadas no pueden ser cuantificables financieramente ya que

conlleven actividades relacionadas con mejoras en el control, mejoras en los conocimientos de los operadores o de las condiciones de trabajo, o reducciones de tiempos medibles solamente en la práctica. A continuación en las tablas se muestran los costos y beneficios de las mejoras planteadas.

- **Estandarización de los procedimientos de la línea de producción**

TABLA XLVI  
COSTOS Y BENEFICIOS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS  
PROCEDIMIENTOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Contratación de 2 estudiantes universitarios de los últimos niveles.	600
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor control en el trabajo de los operadores</li> <li>- Reducción de errores y por ende reducción del desperdicio</li> <li>- Uniformidad en el trabajo</li> <li>- Disminución de los paros de máquinas</li> </ul>	No cuantificables

- **Capacitación a los operadores de la línea sobre el uso correcto del micrómetro y de herramientas de trabajo**

TABLA XLVII

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA CAPACITACIÓN A LOS OPERADORES  
DE LA LÍNEA SOBRE USO DE MICRÓMETRO Y HERRAMIENTAS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Contratación de un instructor con experiencia para que imparta un curso de 12 horas teórico – práctico sobre el uso del micrómetro y de las herramientas de trabajo.	290
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento personal de los operadores</li> <li>- Mejor control del proceso</li> <li>- Aseguramiento de la calidad</li> <li>- Disminución del desperdicio por la obtención de menos errores</li> <li>- Disminución de los paros de máquinas</li> </ul>	No cuantificables

- **Análisis de los repuestos en la bodega de mantenimiento**

TABLA XLVIII

COSTOS Y BENEFICIOS DEL ANÁLISIS DE LOS REPUESTOS EN LA  
BODEGA DE MANTENIMIENTO

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Análisis de los repuestos más utilizados por mantenimiento o de mayor rotación para tener un stock emergente de los mismos en la bodega	0 (Realizado personal de la planta)
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Disminución del tiempo de reparaciones - Disminución de las horas de paro por mantenimiento	No cuantificables

- **Capacitación a jefes sobre la importancia de estandarizar procesos y de controles en línea**

TABLA XLIX

## COSTOS Y BENEFICIOS DE LA CAPACITACIÓN A LOS JEFES

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Contratación de servicios de un profesional especializado en calidad	200
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Concientización en los jefes sobre la importancia de aspectos relacionados con la calidad - Compromiso en la realización de algunas actividades	No cuantificables

- **Control y concientización sobre el uso de equipos de protección personal**

TABLA L

## COSTOS Y BENEFICIOS DEL USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Costos (Actividad)	Valor (\$)
<p>Dictar seminario sobre la finalidad e importancia de los equipos de protección personal. Además de pedir a los jefes y supervisores un mejor control sobre el uso de los mismos</p>	<p>0 (Realizado por un profesional enviado por la misma compañía proveedora de los equipos de protección personal, la cual ofrece en forma gratuita este servicio)</p>
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de accidentes de trabajo del personal de la línea</li> <li>- Mejora en las condiciones de trabajo y vida de los operadores</li> <li>- Cumplimiento de los reglamentos de los organismos de control</li> </ul>	<p>No cuantificables</p>

- **Revisión de prioridades en los plazos de entrega de pedidos a clientes**

TABLA LI  
COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REVISIÓN DE PRIORIDADES EN LOS  
PLAZOS DE ENTREGAS DE PEDIDOS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Solicitar al personal encargado en la oficina matriz, la revisión de los procedimientos que se utilizan para planear las fechas de entregas de los pedidos a clientes, para que estas no se pidan de forma emergente a la planta, sino en forma de planificación conjunta con la misma.	0  (Realizado por el mismo personal de la empresa a nivel interno)
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en la atención al cliente interno y externo de la empresa</li> <li>- Mejora en la planificación interna de la planta</li> <li>- Disminución de cambios o calibraciones en la línea (disminución del tiempo perdido)</li> </ul>	No cuantificables

- **Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo de las instalaciones de la línea**

TABLA LII  
 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Solicitar al jefe de mantenimiento la realización e implantación de un programa de mantenimiento preventivo para las instalaciones de la línea de producción.	0 (Realizado por el mismo personal de la planta a nivel interno)
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en las condiciones de las máquinas e instalaciones</li> <li>- Mejor administración de las horas de trabajo de los mecánicos y electricistas del departamento</li> <li>- Disminución de las horas de paros de máquinas por daños mecánicos o eléctricos</li> </ul>	No cuantificables

• **Sistema de control en línea para el proceso de trefilado**

TABLA LIII  
 COSTOS Y BENEFICIOS DEL CONTROL EN LÍNEA DEL PROCESO DE  
 TREFILADO

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Realizar un sistema o plan de control en línea del proceso.	0 (Realizado por el mismo personal de la planta)
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor control del proceso</li> <li>- Reducción de desperdicios (material, tiempo)</li> <li>- Aseguramiento de la calidad</li> </ul>	No cuantificables

- **Mantenimiento a las soldadoras de tope de las máquinas trefiladoras**

TABLA LIV

COSTOS Y BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO A LAS SOLDADORAS DE  
TOPE DE LAS MÁQUINAS TREFILADORAS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Cambio de electrodos y mantenimiento general	80
Beneficios	Valor (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor calidad de suelda</li> <li>- Reducción en el tiempo de cambio de hileras</li> <li>- Reducción del desperdicio (material, tiempo)</li> </ul>	No cuantificables

- **Construcción e instalación de una cañonera adicional para la máquina trefiladora M-10**

TABLA LV

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE  
CAÑONERA NUEVA PARA MÁQUINA M-10

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Contratar los servicios de construcción de una cañonera en viga I de 30x30x1.60m en plancha de ½ con un tubo de 3m x $\phi$ 10" con base.	4800 <sup>1</sup>
Instalación de la cañonera	200
Total costos.....	5000
Beneficios	Valor (\$)
- Eliminación del tiempo de paro de máquina para tener que cargar la cañonera con alambón (351 minutos cada 1.5 turnos)	464

La inversión de la cañonera será recuperada en 8 turnos de trabajo con el tiempo de máquina obtenido, por ende la solución es viable ya que los 8 turnos de trabajo constituyen 2.66 días laborables.

<sup>1</sup> Fuente: "TAMEINOS " Taller mecánico industrial Ospina, teléfono 2651444.

- **Reducción del tiempo de cambio de serie de hileras de máquina M-1**

TABLA LVI

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO  
DE SERIE DE HILERAS EN MÁQUINA M-1

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Ubicación de hileras en lugar de trabajo.	0
Uso de fichas prefabricadas en los portahileras	0
Beneficios	Valor (\$)
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	11.93
	(por cada cambio de hileras)

La mejora es viable ya que el costo de esta es nulo, teniendo en cambio un beneficio de \$11.93 por cada cambio de hileras.

- **Reducción del tiempo de cambio de serie de hileras de máquina M-10**

TABLA LVII

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO  
DE SERIES DE HILERAS EN MÁQUINA M-10

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Mantenimiento a rodillos alineadores de recogedor	30
Ubicación de hileras en lugar de trabajo.	0
Uso de fichas prefabricadas en los portahileras	0
Total costos.....	30
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	29.10 (por cambio d' hileras)

- **Reducción del tiempo de cambio de serie de hileras de máquina K-5**

TABLA LVIII

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO  
DE SERIE DE HILERAS EN MÁQUINA K-5

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Mantenimiento a rodillos alineadores de recogedor	80
Ubicación de hileras en lugar de trabajo.	0
Uso de fichas prefabricadas en los portahileras	0
Total costos.....	80
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	20.55 (por cambio de hileras)

La implantación de esta mejora es viable ya que la recuperación del costo de realizarla se dará en 4 cambios de hileras, lo cual no llevará más de 3 meses.

- **Reducción del tiempo de cambio de serie de hileras de máquina K-6**

TABLA LIX

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE SERIE DE HILERAS DE MÁQUINA K-6

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Mantenimiento a rodillos alineadores de recogedor	80
Ubicación de hileras en lugar de trabajo.	0
Uso de fichas prefabricadas en los portahileras	0
Total costos.....	80
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	43.03 (por cada cambio de hileras)

Nuevamente la mejora es viable ya que la recuperación de la inversión se dará en 3 cambios de hileras que se darán dentro de

los 3 meses de trabajo.

- **Sistema de control en línea para el proceso de formado de clavos**

TABLA LX

COSTOS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA DE CONTROL EN LÍNEA DEL  
PROCESO DE FORMADO DE CLAVO

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Realizar un sistema o plan de control en línea del proceso.	0 (Realizado por el mismo personal de la planta)
Beneficios	Valor (\$)
- Mejor control del proceso - Reducción de desperdicios (material, tiempo) - Aseguramiento de la calidad	No cuantificables

- **Entrenamiento a los operadores de formado de clavos**

TABLA LXI

COSTOS Y BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO A LOS OPERADORES

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Entrenamiento de 3 horas sobre calibraciones de las máquinas formadoras de clavos dictado por	0 (Realizado por el mismo

el mismo jefe de mantenimiento	personal de la planta)
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
- Crecimiento profesional de los operadores	No cuantificables
- Reducción de daños en las máquinas	
- Reducción de tiempo de paros	
- Aseguramiento de la calidad	

- **Reubicación de las 24 máquinas formadoras de clavos**

TABLA LXII

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REUBICACIÓN DE LAS 24 MÁQUINAS  
FORMADORAS DE CLAVOS

<b>Costos (Actividad)</b>	<b>Valor (\$)</b>
Materiales	790
Mano de obra	1140
Total costos.....	1930
<b>Beneficios</b>	<b>Valor (\$)</b>
Reducción en el tiempo de paros por montacargas	87531
	(ahorro obtenido en 1 año)

- **Revisión del sistema de cañerías de lubricación de las máquinas claveras**

TABLA LXIII  
 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REVISIÓN DEL SISTEMA DE CAÑERÍAS  
 DE LUBRICACIÓN DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Materiales	26
Mano de obra	28
Total costos .....	54
Beneficios	Valor (\$)
- Mejor estado del piso de trabajo del área	No cuantificables
- Reducción de accidentes por resbaladuras	
- Ahorro de aceite lubricante	

- **Reducción del tiempo de cambio de cuchillas en las máquinas formadoras de clavos**

TABLA LXIV  
 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO  
 DE CUCHILLAS EN LAS MÁQUINAS FORMADORAS DE CLAVOS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Construcción de 4 estanterías para colocar las cuchillas	60

Beneficios	Valor (\$)
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	3464 (por cambio de cuchilla en una máquina)

- **Reducción del tiempo de cambio de mordazas en las máquinas formadoras de clavos**

TABLA LXV

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE  
CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS FORMADORAS  
DE CLAVOS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Construcción de mesa de trabajo y 4 estanterías para colocar las mordazas cerca de las máquinas	100
Beneficios	Valor (\$)
- Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo	2,426 (por cambio de mordaza en una máquina)

- **Sistema de control en línea para el proceso de pulición y embalaje**

TABLA LXVI  
 COSTOS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA DE CONTROL EN LÍNEA PARA  
 EL PROCESO DE PULICIÓN Y EMBALAJE

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Realizar un sistema o plan de control en línea del proceso.	0  (Realizado por el mismo personal de la planta a nivel interno)
Beneficios	Valor (\$)
- Mejor control del clavo pulido - Aseguramiento de la calidad - Reducción de reprocesos	No cuantificables

• **Stock permanente de una banda transportadora**

TABLA LXVII  
 COSTOS Y BENEFICIOS DE TENER UNA BANDA TRANSPORTADORA

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Adquisición de una banda transportadora de 50 cm de ancho por 9.15 m de largo	483
Beneficios	Valor (\$)
- Reducción en el tiempo de paros de la embaladora por problemas de banda	2330  (Beneficio obtenido en un año de trabajo)

El tener en stock una banda transportadora permanentemente genera un costo de \$483 ya que es un capital amortizado, pero en cambio, al hacerlo en un año se obtendrían beneficios de \$2330 por reducciones en el tiempo de paros.

- **Reparación de bombo pulidor #4**

TABLA LXVIII

## COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REPARACIÓN DEL BOMBO #4

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Reparación e instalación del bombo pulidor #4	1835
Beneficios	Valor (\$)
- Aumento de la capacidad de pulición de clavos	740

La inversión de la reparación del bombo pulidor #4 se recuperaría rápidamente en 3 turnos de trabajo, o sea 1 día, por ende la mejora planteada es totalmente viable.

- **Pulición primeramente de tipos de clavos con la mayor cantidad de artesas en stock**

TABLA LXIX

## COSTOS Y BENEFICIOS DE PULIR PRIMERAMENTE LOS TIPOS DE CLAVOS CON MAYOR CANTIDAD DE ARTESAS LLENAS

Costos (Actividad)	Valor (\$)
Ordenamiento de prioridades a los operadores de pulición	0 (Realizado por el mismo personal de la planta)
Beneficios	Valor (\$)
- Reducción de pérdidas de tiempo por cambio de zaranda	69 (Por cada cambio de zaranda ahorrado)

- **Reparación e instalación de luminarias en el área de pulición y embalaje**

TABLA LXX

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE  
LUMINARIAS EN EL ÁREA DE PULICIÓN Y EMBALAJE

Costo (Actividad)	Valor (\$)
Lámpara de sodio de 250 w tipo campana con bulbo	120
Reparación de luminarias existentes	20
Total costos .....	140

Beneficios	Valor (\$)
- Mejora en las condiciones de trabajo de operadores	No cuantificables
- Reducción de errores por falta de iluminación	

- **Reducción del tiempo de cambio de carga y descarga de los bombos pulidores**

TABLA LXXI

COSTOS Y BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CARGA Y  
DESCARGA DE LOS BOMBOS PULIDORES

Costo (Actividad)	Valor (\$)
Construcción de herramienta para atornillar tapas de bombos	10
Revisión de sistema de aspirado de aserrín	40
Ordenamiento de actividades de carga y descarga de bombos	0
Total costos .....	50
Beneficios	Valor (\$)
- Aumento en la cantidad de cajas embaladas por el aumento de 6 artesas pulidas.	888 (por cambio de mordaza en una máquina)

Como se puede observar en el desarrollo de los análisis de cada mejora, si comparamos los costos y beneficios de cada una de ellas podemos concluir que todas son viables ya que sus costos fueron inferiores a los beneficios que se obtendrían implantándolas. Con esto se cumple una de las premisas principales del estudio, la cual era obtener beneficios teniendo la menor inversión posible de dinero.

En la siguiente tabla se resume el total de costos incurridos y beneficios obtenidos después de un año de implantar las mejoras recomendadas.

TABLA LXXII

TOTAL DE COSTOS Y BENEFICIOS OBTENIDOS DE IMPLANTAR LAS MEJORAS RECOMENDADAS DESPUÉS DE UN AÑO

Costos (\$)	Beneficios (\$)
11,012	754,642

### 5.3. Presupuesto para la implantación de mejoras

En la siguiente tabla se detallan todos los costos que se incurren al llevar a cabo las mejoras planteadas en el estudio para al final tener el detalle de la inversión total necesaria.

TABLA LXXIII  
 PRESUPUESTO NECESARIO PARA IMPLANTAR LAS MEJORAS  
 PLANTEADAS

Detalle	Costo (\$)
Contratación de 2 estudiantes universitarios por un mes	600
Contratación de un instructor para dictado de curso sobre uso del micrómetro y herramientas de trabajo	290
Contratación de un instructor para dictado de curso sobre aspectos de calidad y controles en procesos	200
Cambio de electrodos y mantenimiento a soldadoras de tope	80
Construcción de una cañonera en viga I de 30x30x1.60m en plancha de ½ con un tubo de 3m x $\phi$ 10" con base.	4800
Instalación de cañonera en máquina M-10	200
Mantenimiento a rodillos alineadores del recogedor de máquina trefiladora M-10	30
Mantenimiento a rodillos alineadores del recogedor de máquina trefiladora K-5	80
Mantenimiento a rodillos alineadores del recogedor de máquina trefiladora K-6	80
Materiales utilizados para la reubicación de las 24 máquinas claveras	790

Detalle	Costo (\$)
Mano de obra necesaria para la reubicación de las 24 máquinas claveras	1140
Materiales necesarios para el mantenimiento al sistema de cañerías de las máquinas claveras	26
Mano de obra necesaria para el mantenimiento al sistema de cañerías de las máquinas claveras	28
Construcción de 4 estanterías para colocación de cuchillas de máquinas claveras	60
Construcción de mesa de trabajo y 4 estanterías para la colocación de las mordazas de las máquinas claveras	100
Adquisición de una banda transportadora de 50 cm de ancho por 9.15 m de largo	483
Reparación e instalación del bombo pulidor #4	1835
Adquisición de lámpara de sodio de 250 w tipo campana con bulbo	120
Reparación de luminarias existentes	20
Construcción de herramienta para atornillar tapas de bombos	10
Revisión de sistema de aspirado de aserrín	40
Total costos.....	11012

Como se puede observar la inversión necesaria para implantar todas las mejoras comprobadas como viables, planteadas en este estudio es de \$11,012 contando con la participación en gran parte de personal mismo de la planta.

#### **5.4. Cronograma para la implantación de mejoras**

Una vez que se han definido las mejoras a realizar y habiendo comprobado la viabilidad financiera de todas ellas, podemos empezar a planificar la duración de las actividades, sus fechas de inicio y de finalización y el tiempo que llevará ponerlas en práctica.

Se usarán los diagramas de Gantt, los mismos son un recurso muy utilizado en la planificación de proyectos y consisten en una serie de barras que indican el comienzo y final de todas las actividades a realizar, determinando cuales pueden empezar al mismo tiempo y cuales deben esperar la culminación de otra.

Básicamente las actividades que no pueden traslaparse son las que están a cargo del jefe de mantenimiento o las que requieren la presencia de los operadores, como cursos de capacitación, los cuales no pueden ser dictados al mismo tiempo, en la siguiente página se muestra el diagrama de Gantt, el cual muestra la

duración de tiempo de la implantación de las mejoras. Observando que la fecha final en la que se culmina la implantación de todas las mejoras es el día 61 a partir del inicio de la primera actividad, siendo la última la capacitación a los operadores del proceso de formado de clavo sobre la correcta calibración de las máquinas.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que ya hemos tenido una idea general de la empresa donde se realizó el estudio, hemos descubierto la línea más importante para la planta, analizado los problemas que en ella se presentan, realizado un diagnóstico general con un planteamiento de hipótesis con sus demostraciones y planteado soluciones con su respectiva evaluación financiera, podemos pasar al desarrollo de las conclusiones que se obtuvieron en el desarrollo del estudio, así como el planteamiento de recomendaciones importantes para el mejor desenvolvimiento de la línea de producción y de la empresa.

### 6.1. Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegaron en el desarrollo del estudio son las siguientes:

1. La empresa en donde se realizó el estudio produce una gran variedad de productos de las áreas de ferretería, construcción, agricultura, ingeniería, etc., lo cual hace que tenga una fortaleza sobre sus competidores al cubrir y satisfacer más necesidades de los clientes al mismo tiempo.
2. La asociación estratégica con industrias de países extranjeros y desarrollados hace que esta empresa tenga a su alcance los últimos adelantos tecnológicos así como una constante asesoría y capacitación para su personal de ejecutivos obteniendo así una ventaja competitiva sobre sus demás competidores.
3. Las plantas y puntos de ventas ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil, además del punto de ventas en la ciudad de Cuenca hacen que esta empresa posea una muy buena cobertura en el ámbito nacional acortando los tiempos de fabricación y entregas, además de satisfacer en su momento las exportaciones requeridas.
4. La línea de gaviones y de clavos galvanizados son las que poseen la mayor utilidad por kilo de producto producido de la planta, sin embargo por sus bajos niveles de demanda en el mercado, no llegan a constituirse en los productos más importantes para la planta a nivel financiero.

5. La línea de producción sobre la cual se realizó el estudio y de mayor importancia para la planta en lo que respecta a niveles de producción, eficiencias, desperdicio, costos y utilidades por kilo es la línea de fabricación de clavos negros. La segunda más importante es la línea de galvanizado electrolítico y la tercera es la de alambres de púas.
6. Los paros de máquinas que ocurren en los tres procesos de la línea de producción de clavos negros constituyen el problema más significativo para la misma, ya que suman el 83% del costo total de los problemas que ocurren.
7. Al analizar las causas de los paros de máquinas de los procesos de la línea de producción, se encontró que las más frecuentes eran por razones de mantenimiento, esto es, la reparación de algún problema mecánico o eléctrico.
8. El tipo de clavo  $2 \frac{1}{2} \times 10$  (largo =  $2 \frac{1}{2}$  pulgadas y diámetro del alambre = 3.40 mm), es el que posee la mayor demanda a nivel del mercado, llegando a constituir, en el año 2000, el 41% del total de la producción de la línea de clavos negros. Le siguen en cantidad demandada el clavo  $2 \times 12$  (largo = 2 y diámetro del alambre = 2.77 mm) y el clavo  $3 \times 9$  (largo = 3 y diámetro del alambre = 3.76 mm).

9. La línea de producción de clavos negros posee una distribución por proceso, lo cual constituye una fortaleza al permitir que cada área de trabajo tenga una autonomía para funcionar mientras existe material en proceso, haciendo que los perjuicios por el paro no planificado de alguna de las máquinas se minimicen.
10. Al realizar el análisis se encontró que los equipos de seguridad personal que tienen a disposición los operadores para protegerse de las condiciones nocivas de trabajo son los adecuados para contrarrestar las mismas, sin embargo el problema encontrado fue la falta de conocimiento del personal sobre las ventajas del uso de equipos de protección y la poca supervisión o exigencia por parte de jefes y supervisores en la utilización de los mencionados equipos.
11. La falta de un sistema de control en línea de los procesos de la línea de producción y la falta de conocimientos de los operadores sobre metrología constituyen debilidades muy importantes, ya que estas causan que se den errores en los procesos, mala calidad, desperdicios y por ende paros de máquinas.
12. En el proceso de formado de clavo, una de las principales causas de daños en las máquinas son las incorrectas

calibraciones de los operadores al momento de tener que realizar ajustes, por ende se hace imperante el reentrenamiento de este personal para su reactualización de conocimientos ya así disminuir las horas pérdidas por mantenimiento.

13. La implantación de todas las mejoras planteadas en este estudio conlleva una inversión de \$11,012, teniendo en contraparte un beneficio esperado en un año de trabajo de \$754,642.
14. El tiempo total de implantación de todas las mejoras planteadas en este estudio es de 61 días a partir de la fecha de inicio de la primera mejora.

## **6.2. Recomendaciones**

1. En la planta de Guayaquil existen dos líneas que tuvieron en el año 2000 niveles de eficiencias muy bajos, la línea de alambres de púas y de clavos helicoidales, los cuales aunque mejoraron un poco en el año 2001, son preocupantes y merecen un análisis más exhaustivo para corregir posibles fallas que estén afectando la rentabilidad de la planta.
2. Se debería realizar un estudio a nivel de mejora de diseño o de inversión sobre la máquina troqueladora de fichas perteneciente a la línea de galvanizado electrolítico, la cual tiene el nivel más

alto de desperdicio, un 13.74% en el año 2000, justamente producido por la máquina en cuestión.

3. Se sugiere realizar una investigación o un estudio de mercado para desarrollar y fabricar nuevos productos, en cuyo proceso de elaboración, puedan participar las máquinas trefiladoras M-1 o M-10, las mismas que no son utilizadas por la línea de producción de clavos negros en un 100%.
4. Por la zona donde esta ubicada en estos momentos la planta, la cual es considerada por el municipio de la ciudad como zona urbana, se debería considerar la realización de un estudio de factibilidad para la reubicación de la planta en las zonas industriales de la ciudad y así evitar problemas futuros o traslados apresurados.
5. Como se mencionó en las mejoras planteadas, se recomienda tener una mejor comunicación y coordinación entre la matriz de la empresa ubicada en Quito y la planta de Guayaquil, en lo que respecta a entrega de pedidos a clientes, para que esta no afecte la planificación interna de la planta y se eviten cambios o calibraciones no planificadas que conllevan a paros de máquinas innecesarios.
6. Como se plantea en una mejora, se recomienda revisar la política de compra y stocks de repuestos que se tiene en la

planta, ya que al tener como personal estable y no como personal terciarizado a todo un departamento de mantenimiento y al poseer una bodega de repuestos, el único factor que retrasa las reparaciones es la falta del repuesto o componente necesario.

7. Observando el presupuesto de implantación de mejoras y el beneficio que se obtiene, se recomienda a la empresa donde se realizó el estudio, la puesta en práctica de las acciones recomendadas para la solución de los problemas de la línea además de considerar la estructura de análisis del presente estudio, para que sea aplicado a las siguientes líneas de producción que no fueron abarcadas en este estudio.
8. Una vez que se haya finalizado con la implantación de las mejoras planteadas en este estudio y habiendo obtenido los resultados esperados, se debería continuar con las mejoras de las siguientes líneas de producción más importantes para la planta.

APÉNDICE B

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PAROS DE MÁQUINAS DEL PROCESO  
DE TREFILADO

MÁQUINA		M – 1	
TORNOS TRABAJADOS	43		
CAUSA		NÚMERO DE VECES OCURRIDAS	TIEMPO TOTAL PERDIDO (minutos)
Rotura de hebra en bobina	B1	5	9.16
	B2	2	3.66
Cambio de hilera pasada de medida	B1	0	0
	B2	0	0
Cambio de serie de hileras		19	494.00
Falta de instrumento de medición		2	1.00
Falta de herramienta		0	0
Falta de jabón lubricante		0	0
Rotura de hebra en el recogedor		0	0
Rotura de hebra por trancalazo		2	2.00
Falta de alambros en cañoneras		0	0
Falta de spiders		0	0
Soldadura defectuosa		4	2.00
Otros		0	0
Total			511.82

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PAROS DE MÁQUINAS DEL PROCESO  
DE TREFILADO

MÁQUINA		M – 10	
TURNOS TRABAJADOS	83		
CAUSA		NÚMERO DE VECES OCURRIDAS	TIEMPO TOTAL PERDIDO (minutos)
Rotura de hebra en bobina	B1	4	22.00
	B2	6	33.00
	B3	17	93.50
	B4	41	225.50
	B5	36	198.00
	B6	52	286.00
	B7	45	247.50
	B8	21	115.50
	B9	25	137.50
	B10	0	0
Cambio de hilera pasada de medida	B1	3	29.25
	B2	2	19.50
	B3	3	29.25
	B4	5	48.75
	B5	3	29.25
	B6	10	97.50
	B7	11	107.25
	B8	6	58.50
	B9	5	48.75
	B10	0	0
Cambio de serie de hileras		0	0
Falta de instrumento de medición		0	0
Falta de herramienta		0	0
Falta de jabón lubricante		0	0
Rotura de hebra en el recogedor		170	336.00
Rotura de hebra por trancalazo		3	5.50
Falta de alambón en cañoneras		3	65.00
Falta de spiders		0	0
Soldadura defectuosa		2	16.20
Otros		0	0
Total			2171.20

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PAROS DE MÁQUINAS DEL PROCESO  
DE TREFILADO

MÁQUINA		K – 5	
TURNOS TRABAJADOS	71		
CAUSA		NÚMERO DE VECES OCURRIDAS	TIEMPO TOTAL PERDIDO (minutos)
Rotura de hebra en bobina	B1	8	14.64
	B2	2	3.66
	B3	11	20.13
	B4	15	27.45
	B5	17	31.11
Cambio de hilera pasada de medida	B1	8	52.00
	B2	1	6.50
	B3	8	52.00
	B4	8	52.00
	B5	7	45.50
Cambio de serie de hileras		3	98.35
Falta de instrumento de medición		5	2.00
Falta de herramienta		0	0
Falta de jabón lubricante		0	0
Rotura de hebra en el recogedor		15	30.00
Rotura de hebra por trancalazo		3	5.50
Falta de alambrón en cañoneras		0	0
Falta de spiders		0	0
Soldadura defectuosa		1	8.40
Otros		1	1.00
Total			450.24

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PAROS DE MÁQUINAS DEL PROCESO  
DE TREFILADO

MÁQUINA		K – 6	
TURNOS TRABAJADOS	71		
CAUSA		NÚMERO DE VECES OCURRIDAS	TIEMPO TOTAL PERDIDO (minutos)
Rotura de hebra en bobina	B1	7	12.81
	B2	3	5.49
	B3	6	10.98
	B4	9	16.47
	B5	13	23.79
	B6	10	18.30
Cambio de hilera pasada de medida	B1	15	79.80
	B2	13	69.16
	B3	14	74.48
	B4	15	79.80
	B5	15	79.80
	B6	5	26.60
Cambio de serie de hileras		8	273.28
Falta de instrumento de medición		5	2.00
Falta de herramienta		0	0
Falta de jabón lubricante		0	0
Rotura de hebra en el recogedor		42	84.00
Rotura de hebra por trancalazo		1	1.83
Falta de alambrón en cañoneras		0	0
Falta de spiders		0	0
Soldadura defectuosa		1	8.40
Otros		0	0
Total			866.99

## APÉNDICE D

### MEDIDAS DE CLAVOS MÁS COMUNES EN EL MERCADO NACIONAL

Descripción	Largo (pulgadas)	Diámetro (mm.)
Clavo 1"x16	1	1.65
Clavo 1 ¼"x16	1 ¼	1.65
Clavo 1 ½"x16	1 ½	1.65
Clavo 1 ½"x14	1 ½	2.11
Clavo 2"x12	2	2.77
Clavo 2 ½"x10	2 ½	3.40
Clavo 3"x9	3	3.76
Clavo 4"x6	4	5.16

## APÉNDICE E

### NORMA BWG (BIRMINGHAM WIRE GAUGE)

N°	mm	N°	mm
50	12.70	17	1.47
40	11.53	18	1.24
30	10.80	19	1.07
20	9.65	20	0.89
10	8.64	21	0.81
1	7.62	22	0.71
2	7.21	23	0.64
3	6.58	24	0.56
4	6.05	25	0.51
5	5.59	26	0.46
6	5.16	27	0.41
7	4.57	28	0.36
8	4.19	29	0.32
9	3.76	30	0.30
10	3.40	31	0.25
11	3.05	32	0.23
12	2.77	33	0.20
13	2.41	34	0.18
14	2.11	35	0.12
15	1.83	36	0.10
16	1.65		

## APÉNDICE F

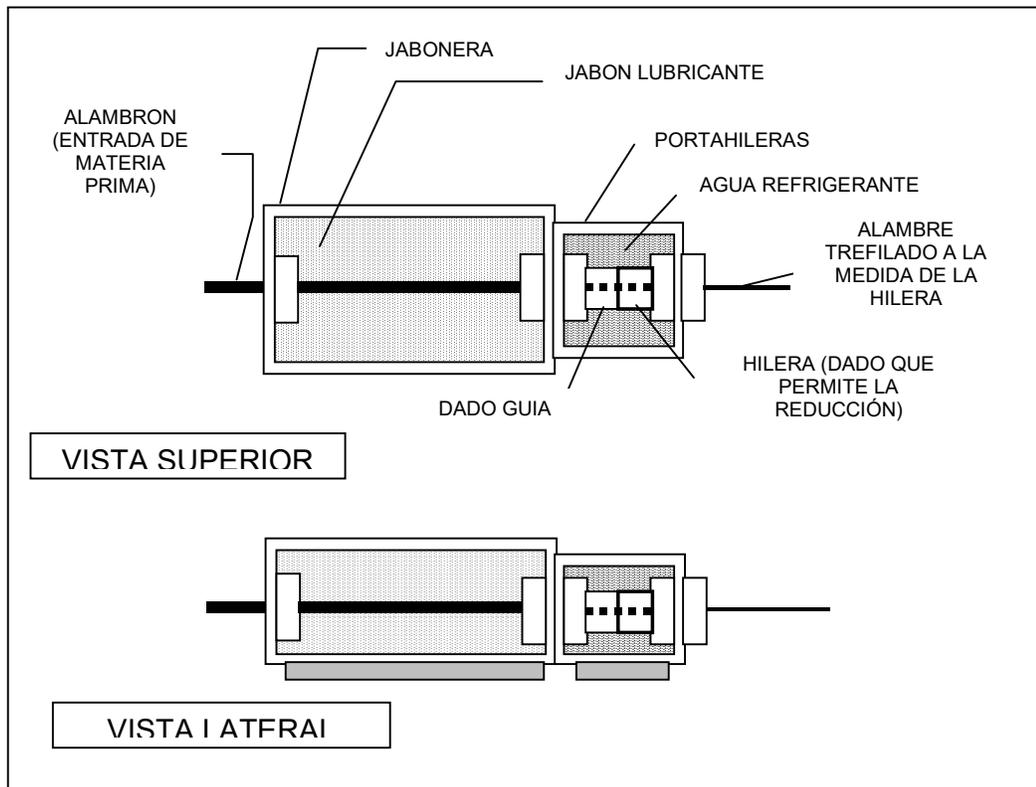
### ESPECIFICACIONES DE LARGO Y DIÁMETRO DE LOS CLAVOS SEGÚN

LA NORMA INEN 612 1981-07

<b>MEDIDA DEL DIÁMETRO</b>	
Diámetro (mm.)	Tolerancia (mm.)
< 2.40	+ / - 0.05
2.40 < $\phi$ < 4.80	+ / - 0.07
> 4.80	+ / - 0.12
<b>MEDIDA DEL LARGO</b>	
Largo (mm.)	Tolerancia (mm.)
< 50	+ / - 1.50
50 < L < 100	+ / - 2.00
> 100	+ / - 3.00

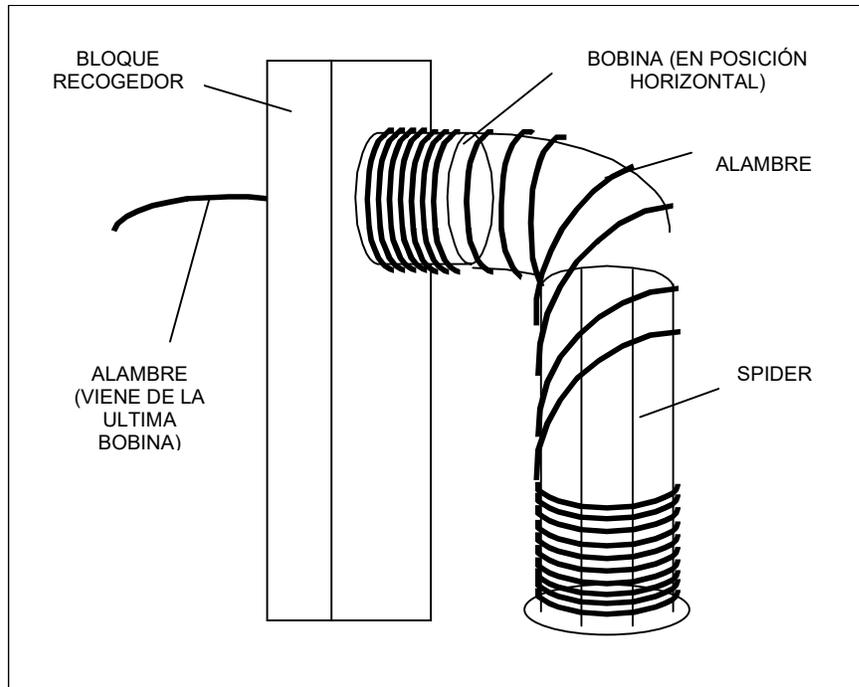
## APÉNDICE G

### VISTA SUPERIOR Y LATERAL DE UNA JABONERA Y PORTAHILERAS DE UNA MAQUINA TREFILADORA



## APÉNDICE H

ESQUEMA DE UN RECOGEDOR DE UNA MAQUINA TREFILADORA  
TENIENDO AL FINAL EL SPIDER, DONDE SE ENROLLA EL ALAMBRE



## APÉNDICE I

TOLERANCIA DE DIÁMETROS PARA LOS ALAMBRES TREFILADOS

Diámetros (mm)	Clase A Tolerancias (mm)	Clase B Tolerancias (mm)
$1.24 < \phi < 1.85$	MIN. = -0.01 MÁX. = +0.03	MIN. = -0.02 MÁX. = +0.04
$2.11 < \phi < 2.77$	MIN. = -0.01 MÁX. = +0.04	MIN. = -0.02 MÁX. = +0.05
$3.10 < \phi < 6.00$	MIN. = -0.01 MÁX. = +0.05	MIN. = -0.02 MÁX. = +0.06



## APÉNDICE K

### DEFINICIÓN DE LOS SÍMBOLOS UTILIZADOS EN LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

Símbolo	Significado	Definición
	Operación	Sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o se desmonta de otro objeto, o cuando se arregla o prepara para otra operación, transportación, inspección o almacenaje
	Transporte	Se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento es parte de la operación o es provocado por el operador del área durante la operación o inspección
	Inspección	Sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad o cantidad de cualquiera de sus características
	Almacenaje	Se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada
	Demora	Se da cuando las condiciones, no permiten o requieren que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan
	Actividad combinada	Cuando se necesita ilustrar las actividades realizadas, ya sea concurrentemente o por el mismo operador, los símbolos para estas actividades se combinan

## APÉNDICE L

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE SERIE DE HILERAS DE LA MÁQUINA TREFILADORA M-1

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
1	Retiro de hileras nuevas de oficina de producción
2	Retiro de mangueras de recamara de enfriamiento de portahileras 1 2
3	Retiro de la hilera de la 1era jabonera
4	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y búsqueda de dado guía)
5	Colocación de hilera en el tornillo de ajuste
6	Colocación de tornillo en el portahileras
7	Ajuste del tornillo en el portahileras
8	Graduación del flujo de agua en el portahileras (llave de paso)
9	Retiro de hilera de la 2da jabonera
10	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y búsqueda de dado guía)
11	Colocación y ajuste de tornillo en 2da portahileras
12	Graduación del flujo de agua en el portahileras (llave de paso)
13	Retiro de trampas de cañonera y traslado de alambrón hacia cañonera
14	Colocación de trampas en las cañoneras
15	Corte y retiro de amarras del alambrón
16	Traslado de la punta del rollo de alambrón hacia sacapunta
17	Sacado de punta del alambrón (reducción del diámetro)
18	Pasada de hebra por decalaminador, jabonera y primera hilera
19	Colocación de "perro" en hebra de alambre y bobina
20	Enhebrado de una vuelta en bobina
21	Colocación de hebra de alambrón en rodillos decalaminadores
22	Enhebrado de segunda vuelta en bobina 1
23	Revisión y colocación de jabón lubricante en jaboneras 1 2
24	Enhebrado de más vueltas en bobina 1
25	Retiro del "perro" de la hebra
26	Sacada de punta del alambrón (reducción del diámetro)
27	Pasada de hebra por 2da jabonera y por 2da hilera
28	Colocación de "perro" en la hebra y enhebrado de 2da bobina
29	Pasado de hebra por la polea lateral
30	Enhebrado de hebra en bobina
31	Inspección del diámetro del alambre trefilado
32	Retiro de "perro", aseguramiento de hebra en portahileras y arranque contínuo

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)														MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	227	152	224	231	242	232	231	322	246	169					232,60	45,80	6
2	16	11	12	18	19	20	18	16	13	24					16,30	3,20	6
3	32	43	36	22	30	51	45	27	31	44	36				35,80	9,90	11
4	84	96	100	95	61	107	89	110	96	139					92,80	15,40	4
5	11	9	12	11	16	10	9	14	13	8					11,50	2,40	7
6	22	34	29	23	27	29	13	30	29	14					25,90	6,50	9
7	27	41	26	22	25	28	31	27	16	30					28,40	5,70	6
8	26	17	25	19	28	19	35	24	28	23					24,10	5,90	9
9	39	45	30	41	29	44	51	40	30	36					39,90	7,40	5
10	126	118	176	112	164	200	133	112	150	105					142,60	33,20	8
11	37	45	31	40	43	36	52	27	44	47					38,90	8,00	6
12	35	31	42	67	28	51	34	37	62	60	38	43	40	36	40,60	12,80	14
13	257	322	303	252	275	182	247	240	217	183					259,80	42,50	4
14	25	12	13	14	18	27	18	21	17	22	21	29	24		18,50	5,50	13
15	42	48	50	57	45	35	39	44	30	42					45	6,80	4
16	37	47	31	24	42	50	30	44	52	44					38,10	9,20	9
17	84	113	88	122	79	83	96	110	128	115					96,90	16,10	4

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)														MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
18	51	68	59	33	52	40	54	74	51	69					53,90	13,50	9
19	14	9	12	11	13	11	17	15	12	20					12,800	2,50	6
20	53	65	33	43	70	71	39	59	34	80	61				54,1	14,50	11
21	92	81	105	171	68	110	107	99	120	113	94	117	105		104,10	30,50	13
22	92	81	105	171	68	110	107	99	120	113					17,40	3,10	5
23	37	40	32	30	44	35	51	43	39	50					39	6,90	5
24	22	28	10	25	27	21	23	31	20	29	25				23,40	6,30	11
25	87	109	87	66	146	94	128	73	69	100	82				98,80	27,30	11
26	43	69	40	44	31	76	52	43	63	52	46	58	49	50	49,80	15,30	14
27	107	87	126	71	111	133	120	94	116	85					106,1	21,00	6
28	39	43	35	44	28	48	27	52	55	44					39,50	9,00	8
29	15	9	21	12	10	18	11	14	22	16	19	21	14		13,80	4,10	13
30	60	41	48	44	83	74	41	51	50	75	57	66			55,30	15,80	12
31	16	19	21	12	10	14	23	13	18	20	13	15			16,00	4,60	12
32	28	30	31	21	22	24	40	25	31	29					27,60	6,20	8



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de serie de hileras en M-1. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
2	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
3	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
4	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
5	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
6	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
7	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
8	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
9	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
10	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
11	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
12	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
13	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
14	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
15	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
16	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
17	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
18	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
19	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
20	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
21	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
22	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
23	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
24	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
25	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
26	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
27	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
28	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
29	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
30	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
31	3	2	2	0	0	1	2	5	2	17
32	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de maquina M-1**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	227.6	100	227.6
2	16.7	100	16.7
3	36.09	100	36.09
4	97.70	100	97.70
5	11.30	100	11.30
6	25	100	25
7	27.30	100	27.30
8	24.40	100	24.40
9	38.50	100	38.50
10	139.6	100	139.6
11	40.20	100	40.20
12	43.14	100	43.14
13	247.80	100	247.80
14	20.08	100	20.08
15	43.20	100	43.20
16	40.10	100	40.10
17	101.80	100	101.80
18	55.10	100	55.10
19	13.40	100	13.40
20	55.27	100	55.27
21	106.31	100	106.31
22	18.10	100	18.10
23	40.10	100	40.10
24	23.73	100	23.73
25	94.64	100	94.64
26	51.14	100	51.14
27	105	100	105
28	41.50	100	41.50
29	15.54	100	15.54
30	57.50	100	57.50
31	16.17	100	16.17
32	28.10	100	28.10

Actividad	Símbolo	Distancia recorrida (m)	Tiempo Estándar
1		80	4' 28"
2		0.40	20"
3		0.30	43"
4		0.20	1' 55"
5		0	14"
6		0.10	30"
7		0	33"
8		0	29"
9		0.50	46"
10		0.50	2' 45"
11		0.50	48"
12		0	51"
13		15	4' 52"
14		0.50	24"
15		0	51"
16		15	48"
17		1	2' 00"
18		1	1' 05"
19		0	16"
20		0	1' 06"

Actividad	Símbolo	Distancia recorrida (m)	Tiempo Estándar
21	⑱	1	2' 06"
22	⑲	0.40	22"
23	⑳	0	48"
24	㉑	0	28"
25	㉒	0	1' 52"
26	㉓	1	1' 01"
27	㉔	1	2' 04"
28	㉕	0	49"
29	㉖	0.50	19"
30	㉗	0	1' 08"
31	1	0	20"
32	㉘	0	34"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	37' 35"

## APÉNDICE M

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE DESCARGA DE ALAMBRE

#### TREFILADO DE LA MÁQUINA M-1

Actividades del proceso de descarga de alambre de la maquina M-1	
N°	ACTIVIDAD
1	Colocación de gancho del tecele en el portaalambre y vaciado de alambre en el spider
2	Colocación de portaalambre en la máquina
3	Enhebrado y aseguramiento de alambre en portaalambre. Arranque continuo

**Actividades del proceso de descarga de alambre trefilado con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)														MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	40	48	60	43	38	42	44	68	42	33	45,80	10,50	8	40	45.80	10.80	8
2	37	52	44	47	31	40	36	29	45	49	41	7,70	5	37	41	7.70	5
3	21	24	23	30	17	28	22	35	19	27	24,60	5,40	7	21	24.60	5.40	7

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de serie de hileras en M-1. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	3	2	2	2	0	1	0	5	2	17
2	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
3	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de descarga de alambre trefilado de máquina M-1**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	45.80	100	45.80
2	41.00	100	41
3	24.60	100	24.60

Actividad	Símbolo	Distancia recorrida (m)	Tiempo Estándar
1		1	56"
2		1	49"
3		0	29"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	2' 14"

## APÉNDICE N

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE SERIE DE HILERAS DE LA MÁQUINA TREFILADORA M-10

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
1	Retiro de hileras nuevas de oficina de producción
2	Retiro de trampas de cañonera y traslado de alambón hacia la cañonera
3	Colocación de trampas en las cañoneras
4	Corte y retiro de amarras del alambón
5	Traslado de la punta del alambón desde la cañonera hacia el sacapunta
6	Retiro de las mangueras de enfriamiento de los porahileras 1 al 9
7	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
8	Cambio de la primera hilera del portadado #1
9	Sacada de punta del alambón (reducción del diámetro)
10	Pasada de hebra por decalaminador, jabonera y primera hilera
11	Enhebrado de hebra en bobina #1
12	Colocación de hebra de alambón en rodillos decalaminadores
13	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
14	Cambio de hilera del portadado #2
15	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
16	Enhebrado de hebra en bobina 2
17	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
18	Cambio de hilera del portadado #3
19	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
20	Enhebrado de hebra en bobina 3
21	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
22	Cambio de hilera del portadado #4
23	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
24	Enhebrado de hebra en bobina 4
25	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
26	Cambio de hilera del portadado #5
27	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
28	Enhebrado de hebra en bobina 5
29	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
30	Cambio de hilera del portadado #6
31	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
32	Enhebrado de hebra en bobina 6
33	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
34	Cambio de hilera del portadado #7
35	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
36	Enhebrado de hebra en bobina 7
37	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
38	Cambio de hilera del portadado #8
39	Sacada de punta del alambre (reducción del diámetro de un segmento)
40	Enhebrado de hebra en bobina 8
41	Preparación de hilera nueva (colocación de fichas y empaques)
42	Cambio de hilera del portadado #9
43	Sacado de punta del alambre
44	Enhebrado de hebra en bobina 9
45	Enhebrado de hebra en el recogedor
46	Inspección del diámetro del alambre
47	Alineación y encendido continuo

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	233	261	240	288	310	270	385	320	210	196	271.30	56.80	7
2	226	250	270	194	393	275	354	276	201	326	276.50	64.80	8
3	29	36	40	26	44	33	47	55	22	53	38.50	11.30	13
4	53	90	67	77	75	55	61	51	88	74	66.10	13.70	7
5	25	36	22	29	39	30	26	13	21	32	27.50	8.10	13
6	37	52	25	38	49	55	47	41	35	30	43	9.80	8
7	115	99	131	145	100	113	88	128	108	148	114.90	19	4
8	112	175	114	191	103	126	87	158	142	102	133.30	37.10	11
9	128	180	191	158	116	123	207	142	120	134	155.60	34	7
10	101	78	118	89	92	137	110	107	121	87	104	18.50	5
11	116	130	100	145	85	112	104	110	150	95	112.80	18.40	4
12	132	104	154	198	86	130	79	144	110	98	128.40	38.90	13
13	115	99	131	145	100	113	88	128	108	148	107.90	16.50	4
14	103	118	96	141	109	87	98	111	206	94	123.10	29.30	8
15	109	121	100	105	123	191	106	130	125	150	95.30	24	9
16	97	56	131	100	85	92	78	123	90	111	132.40	39.10	13
17	147	206	154	140	90	94	97	131	162	153	105.30	22.70	7
18	98	115	83	146	96	127	98	79	62	87	124.60	38.80	14
19	112	103	208	153	87	100	118	116	130	93	88.90	20.40	8
20	88	69	109	75	125	86	65	94	79	100	131.10	25	6
21	118	134	107	119	150	98	171	152	114	125	109.90	19.6	5
22	91	139	96	105	137	118	104	89	110	73	107.30	30.70	12
23	99	97	130	64	85	119	165	99	103	91	92.90	19.40	7
24	78	91	114	72	85	129	80	94	70	87	118.80	30.80	10
25	123	100	164	99	68	153	115	128	175	109	110.60	29.80	11

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
26	86	117	96	175	84	98	127	102	66	84	121.50	34	12
27	111	166	81	163	97	106	154	94	89	103	104.80	28.90	11
28	84	165	99	106	88	98	73	125	117	90	122.50	39.70	15
29	119	95	145	98	106	204	77	136	169	116	100.50	21.10	7
30	88	93	112	129	86	65	120	111	84	100	113.10	33.80	13
31	116	147	79	95	151	74	155	88	93	144	97.50	18.30	5
32	87	93	137	100	76	106	93	88	111	80	124	37.50	13
33	122	114	108	91	79	174	118	186	130	100	97.90	24	9
34	93	77	84	129	105	93	67	135	121	86	126.50	40.70	15
35	108	111	120	175	101	88	105	204	100	136	97.40	16.80	5
36	89	76	85	108	84	113	125	99	152	107	173.50	27.50	4
37	171	147	199	156	215	190	133	177	200	230	94.50	16	5
38	79	86	95	104	112	83	77	120	62	99	121.80	31.20	10
39	105	162	89	174	110	131	95	108	119	73	91.50	25.50	11
40	77	81	65	73	99	87	104	146	79	111	139.80	40.30	12
41	152	161	147	102	84	205	164	103	127	114	92.90	23	9
42	81	86	91	52	127	116	103	87	78	71	99.90	17.20	5
43	99	111	87	130	112	98	83	79	106	131	84.90	26.90	15
44	80	61	53	71	68	109	127	110	96	84	139.60	30.50	7
45	130	157	148	94	134	120	199	135	146	114	188.90	28.20	4
46	191	185	217	202	167	230	178	141	268	163	22.50	5.70	10
47	21	27	20	32	26	15	23	16	20	13	516.60	139.60	11

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de serie de hileras en M-10. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
2	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
3	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
4	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
5	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
6	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
7	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
8	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
9	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
10	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
11	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
12	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
13	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
14	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
15	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
16	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
17	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
18	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
19	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
20	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
21	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
22	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
23	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
24	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
25	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
26	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
27	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
28	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
29	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
30	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
31	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
32	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
33	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
34	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
35	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
36	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
37	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
38	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
39	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
40	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
41	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
42	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
43	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
44	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
45	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15
46	3	2	2	0	0	1	2	5	2	17
47	3	2	2	0	0	1	0	5	2	15

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de maquina M-10**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	271.30	100	271.30
2	276.50	100	276.50
3	38.58	100	38.58
4	69.10	100	69.10
5	27.75	100	27.75
6	40.90	100	40.90
7	117.50	100	117.50
8	129.64	100	129.64
9	149.90	100	149.90
10	104.00	100	104.00
11	114.70	100	114.70
12	126.15	100	126.15
13	116.30	100	116.30
14	126.00	100	126.00
15	96.30	100	96.30
16	140.62	100	140.62
17	99.10	100	99.10
18	122.64	100	122.64
19	89.00	100	89.00
20	128.80	100	128.80
21	106.20	100	106.20
22	103.92	100	103.92
23	90.00	100	90.00
24	123.40	100	123.40
25	102.36	100	102.36

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de maquina M-10**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
26	116.83	100	116.83
27	101.75	100	101.75
28	126.20	100	126.20
29	98.80	100	98.80
30	116.54	100	116.54
31	97.10	100	97.10
32	122.85	100	122.85
33	99.00	100	99.00
34	121.60	100	121.60
35	103.80	100	103.80
36	181.80	100	181.80
37	91.70	100	91.70
38	116.60	100	116.60
39	91.27	100	91.27
40	140.17	100	140.17
41	89.20	100	89.20
42	103.60	100	103.60
43	84.00	100	84.00
44	137.70	100	137.70
45	194.20	100	194.20
46	21.30	100	21.30
47	523.18	100	523.18

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		90	5' 20"
2		7	5' 26"
3		0.50	46"
4		0	1' 22"
5		7	33"
6		10	49"
7		10	2' 19"
8		0.40	2' 33"
9		3	2' 57"
10		0	2' 03"
11		0	2' 15"
12		2	2' 29"
13		1.5	2' 17"
14		0	2' 29"
15		0	1' 54"
16		0	2' 46"
17		1.5	1' 57"
18		0	2' 25"
19		0	1' 45"
20		0	2' 32"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21	⑱	1.5	2' 05"
22	⑲	0	2' 03"
23	⑳	0	1' 46"
24	㉑	0	2' 26"
25	㉒	1.5	2' 01"
26	㉓	0	2' 18"
27	㉔	0	2' 00"
28	㉕	0	2' 29"
29	㉖	1.5	1' 57"
30	㉗	0	2' 18"
31	㉘	0	1' 55"
32	㉙	0	2' 25"
33	㉚	1.5	1' 57"
34	㉛	0	2' 24"
35	㉜	0	2' 03"
36	㉝	0	3' 34"
37	㉞	1.5	1' 48"
38	㉟	0	2' 18"
39	㊱	0	1' 48"
40	㊲	0	2' 45"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
41	③⑧	1.5	1' 45"
42	③⑨	0	2' 02"
43	④⑩	0	1' 39"
44	④①	0	2' 42"
45	④⑤	2.5	3' 49"
46	①	0	26"
47	④③	0.5	10' 16"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	1h 53' 44"

## APÉNDICE O

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE SERIE DE HILERAS DE LA MÁQUINA TREFILADORA K-5

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
1	Retiro de hileras nuevas de oficina de producción
2	Cargado de alambón en cañonera K-5 usando montacargas
3	Colocación de trampas, corte de amarras y traer punta hacia la máquina
4	Cambio de la 1era. hilera del portadado #1
5	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la primera bobina
6	Cambio de la segunda hilera del portadado #2
7	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 2da. jabonera
8	Cambio de la 3era. hilera del portadado #3
9	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 3era. bobina
10	Cambio de la 4ta. hilera del portadado #4
11	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 4ta. bobina
12	Cambio de la 5ta. hilera del portadado #5
13	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 5ta. bobina
14	Enhebrado del alambre en el recogedor
15	Inspección del diámetro del alambre
16	Alineación de la hebra y encendido continuo

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	215	257	219	340	176	167	226	254	226	200	228.00	48.90	7
2	139	143	170	135	178	104	210	167	151	100	149.70	33.50	8
3	380	331	479	392	490	386	292	426	285	352	381.30	70	5
4	100	78	99	83	107	153	95	132	90	132	105.90	25.10	8
5	110	96	115	141	73	80	97	100	121	151	101.50	21.20	7
6	78	87	74	95	69	58	104	111	73	95	84.50	18.10	7
7	98	104	136	97	134	88	106	86	71	100	106.10	19.10	5
8	75	108	77	102	91	63	97	82	122	119	86.90	15.20	5
9	87	119	79	86	100	130	102	134	85	68	104.60	20.90	6
10	67	100	62	81	51	77	80	52	91	120	71.30	16.50	8
11	81	107	93	129	85	78	84	114	89	78	96.40	18.30	6
12	77	101	81	78	99	105	76	97	142	89	89.30	12.30	3
13	87	71	100	96	108	138	101	54	98	128	94.40	25.10	10
14	101	87	126	71	111	107	120	94	116	85	102.10	18	5
15	15	14	13	11	17	18	10	16	11	7	14.30	2.80	6
16	257	227	342	378	326	200	317	406	265	197	306.60	72.60	8

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de serie de hileras en K-5. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
2	3	2	2	0	1	0	0	7	5	21
3	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
4	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
5	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
6	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
7	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
8	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
9	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
10	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
11	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
12	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
13	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
14	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20
15	3	2	2	0	0	0	2	7	5	22
16	3	2	2	0	0	0	0	7	5	20

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de serie de hileras de maquina K-5**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	228.00	100	228.00
2	149.70	100	149.70
3	381.30	100	381.30
4	106.90	100	106.90
5	108.40	100	108.40
6	84.40	100	84.40
7	102.00	100	102.00
8	93.60	100	93.60
9	99.00	100	99.00
10	78.10	100	78.10
11	93.80	100	93.80
12	94.50	100	94.50
13	98.10	100	98.10
14	101.80	100	101.80
15	13.20	100	13.20
16	291.50	100	291.50

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		82	4' 45"
2		5	3' 10"
3		15	7' 57"
4		10	2' 14"
5		0	2' 16"
6		1.5	1' 46"
7		0	2' 08"
8		1.5	1' 57"
9		0	8' 15"
10		1.5	1' 38"
11		0	1' 58"
12		1.5	1' 59"
13		0	2' 03"
14		2	2' 08"
15		0	17"
16		0	6' 05"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	50' 36"

## APÉNDICE P

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE SERIE DE HILERAS DE LA MÁQUINA TREFILADORA K-6

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
1	Retiro de hileras nuevas de oficina de producción
2	Cargado de alambón en cañonera K-5 usando montacargas
3	Colocación de trampas, corte de amarras y traer punta hacia la máquina
4	Cambio de la 1era. hilera del portadado #1
5	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la primera bobina
6	Cambio de la segunda hilera del portadado #2
7	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 2da. jabonera
8	Cambio de la 3era. hilera del portadado #3
9	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 3era. bobina
10	Cambio de la 4ta. hilera del portadado #4
11	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 4ta. bobina
12	Cambio de la 5ta. hilera del portadado #5
13	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 5ta. bobina
14	Cambio de la 6ta. hilera del portadado #6
15	Sacado de punta y enhebrado del alambre en la 6ta. bobina
16	Enhebrado del alambre en el recogedor
17	Inspección del diámetro del alambre
18	Alineación de la hebra y encendido continuo

**Actividades del proceso de cambio de hileras con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	215	249	290	237	261	236	200	285	360	248	258.10	45.30	5
2	145	174	131	122	183	150	89	116	161	135	140.60	28.20	6
3	373	585	623	499	414	378	383	320	374	425	437.40	99.50	8
4	117	95	79	147	151	74	155	88	93	144	113.30	33.80	13
5	170	162	176	199	115	197	152	123	175	169	161.80	30.90	6
6	68	75	70	92	88	62	79	81	128	63	76.90	10.20	3
7	180	190	105	186	164	203	143	183	192	253	169.30	31.60	5
8	60	53	90	67	117	75	55	61	51	88	72.30	21.70	13
9	265	351	269	298	121	332	209	223	253	245	258.50	74	12
10	114	93	78	118	76	85	77	98	86	122	92.40	16.60	5
11	362	323	151	320	433	307	395	263	319	355	319.30	86.30	11
12	101	145	62	98	156	97	120	79	128	114	107.3	31.70	13
13	323	271	355	190	294	300	356	327	332	389	302.0	53.90	5
14	91	115	83	136	96	127	98	79	62	87	103.10	20.70	6
15	304	357	248	341	153	280	305	322	330	229	288.80	64.50	8
16	240	141	196	283	200	229	199	265	240	377	219.10	44.90	6
17	17	14	13	15	13	18	10	16	11	10	14.50	2.60	5
18	478	695	470	550	800	573	400	503	532	337	558.60	130.80	8

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de serie de hileras en K-6. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	3	3	2	0	0	0	7	5	20
2	3	3	2	0	1	0	7	5	21
3	3	3	2	0	0	0	7	5	20
4	3	3	2	0	0	0	7	5	20
5	3	3	2	0	0	0	7	5	20
6	3	3	2	0	0	0	7	5	20
7	3	3	2	0	0	0	7	5	20
8	3	3	2	0	0	0	7	5	20
9	3	3	2	0	0	0	7	5	20
10	3	3	2	0	0	0	7	5	20
11	3	3	2	0	0	0	7	5	20
12	3	3	2	0	0	0	7	5	20
13	3	3	2	0	0	0	7	5	20
14	3	3	2	0	0	0	7	5	20
15	3	3	2	0	0	0	7	5	20
16	3	3	2	0	0	0	7	5	20
17	3	3	2	0	0	0	2	7	22
18	3	3	2	0	0	0	7	5	20

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de serie de hilera de maquina K-6**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	258.10	100	258.10
2	140.60	100	140.60
3	437.40	100	437.40
4	115.92	100	115.92
5	163.80	100	163.80
6	80.60	100	80.60
7	179.90	100	179.90
8	70.92	100	70.92
9	258.75	100	258.75
10	94.70	100	94.70
11	326.91	100	326.91
12	109.38	100	109.38
13	313.70	100	313.70
14	97.40	100	97.40
15	286.90	100	286.90
16	237.00	100	237.00
17	13.70	100	13.70
18	533.80	100	533.80

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		89	5' 23"
2		5	2' 58"
3		15	9' 07"
4		10	2' 25"
5		0	3' 25"
6		1	1' 41"
7		0	3' 45"
8		1	1' 29"
9		0	5' 24"
10		1	1' 59"
11		0	6' 49"
12		1	2' 17"
13		0	6' 33'
14		1	2' 02"
15		0	6' 08"
16		2	4' 57"
17		0	18"
18		0	11' 08"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	1h 17' 48"

## APÉNDICE Q

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°3

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpeza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpeza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpeza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar y retirar platina sujetadora de mordazas
10	Limpeza de platina sujeta mordaza
11	Aflojar y retirar seguro de mordaza móvil
12	Limpeza de seguro de mordaza móvil
13	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
14	Retiro de la mordaza 1
15	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
16	Limpeza de mordazas viejas
17	Limpeza del portamordazas
18	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
19	Retiro y transporte de mordazas nuevas
20	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
21	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
22	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
23	Transporte de portamordazas a la máquina
24	Colocación de seguro de mordaza móvil
25	Colocación de waípe entre espacio vacío del portamordaza
26	Colocación de platina sujetadora de mordazas
27	Colocación de portamordazas en la máquina
28	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
29	Ajuste de perno delantero de portamordaza
30	Ajuste de perno lateral de cachimba
31	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	227	205	163	244	320	314	323	209	306	147	245.80	66.4	11
2	137	142	145	156	180	125	140	110	100	120	135.50	23.1	8
3	59	37	46	38	66	49	53	42	26	24	44.00	13.50	14
4	27	29	20	23	28	37	19	31	26	24	26.80	6.0	8
5	15	10	16	18	9	7	8	13	14	11	12.00	4.1	17
6	8	10	11	6	7	8	10	7	9	12	8.40	1.8	7
7	51	75	63	94	68	66	63	62	58	64	67.80	12.6	5
8	26	32	27	21	18	23	30	25	30	18	25.30	4.6	5
9	37	52	27	60	55	44	33	30	29	56	42.30	12.4	13
10	15	11	12	13	7	21	13	12	16	15	13.00	4.0	14
11	66	54	85	95	42	83	44	90	58	86	69.90	21.2	14
12	20	16	19	12	15	26	11	28	29	21	18.40	6.2	16
13	36	23	29	42	35	40	47	29	50	38	35.10	7.9	8
14	10	9	6	12	11	9	7	12	15	6	9.5	2.2	8
15	49	61	76	65	60	67	80	50	73	79	63.50	11.0	5
16	23	22	26	25	13	26	17	22	27	25	21.80	4.6	7
17	80	85	94	81	63	92	81	129	81	70	88.10	19.0	7

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
18	111	74	99	93	100	82	107	74	80	159	92.50	14.4	4
19	48	52	39	49	30	57	34	37	40	61	43.30	9.6	7
20	216	133	235	159	306	145	130	256	181	150	197.50	65.4	16
21	52	40	62	65	50	52	61	78	59	78	57.50	11.5	6
22	89	71	107	125	76	78	112	85	80	92	92.90	19.5	7
23	30	34	40	32	44	25	27	45	41	31	34.60	7.6	7
24	98	81	100	113	68	126	77	130	105	86	99.10	22.9	8
25	31	28	27	21	29	30	20	50	39	25	29.50	9.2	14
26	32	40	25	38	43	29	31	35	49	44	34.10	6.0	5
27	15	11	19	17	14	15	13	20	11	10	15.50	3.0	6
28	47	25	67	43	58	37	34	53	30	58	45.50	13.7	13
29	31	27	24	29	31	28	18	37	27	34	28.10	5.6	6
30	32	38	34	27	43	31	19	41	33	50	33.10	7.8	8
31	68	47	82	72	56	51	77	64	68	80	64.60	12.5	6



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°3. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
25	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
26	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
27	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
28	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
29	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
30	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
31	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°3**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	244.82	100	244.82
2	135.50	100	135.50
3	49.71	100	49.71
4	26.40	100	26.40
5	14.24	100	14.24
6	8.80	100	8.80
7	66.40	100	66.40
8	25.00	100	25.00
9	42.30	100	42.30
10	15.00	100	15.00
11	69.29	100	69.29
12	20.64	100	20.64
13	36.90	100	36.90
14	9.70	100	9.70
15	66.00	100	66.00
16	22.60	100	22.60
17	85.60	100	85.60
18	97.90	100	97.90
19	44.70	100	44.70
20	202.25	100	202.25
21	59.70	100	59.70
22	91.50	100	91.50
23	34.90	100	34.90
24	98.40	100	98.40
25	30.93	100	30.93
26	36.60	100	36.60
27	14.50	100	14.50
28	45.92	100	45.92
29	28.60	100	28.60
30	34.80	100	34.80
31	66.50	100	66.50

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	5' 14"
2	②	0	2' 54"
3	③	0	1' 04"
4	④	0	34"
5	⑤	0	19"
6	⑥	0	12"
7	⑦	0	1' 26"
8	➡ 1	9	33"
9	⑧	0	3' 37"
10	⑨	0	20"
11	⑩	0	1' 29"
12	⑪	0	27"
13	⑫	0	48"
14	⑬	0	13"
15	⑭	0	1' 25"
16	⑮	3	29"
17	①	0	1' 50"
18	⑯	1	2' 06"
19	➡ 2	18	58"
20	⑰	0	4' 20"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21	⑮	0	1' 17"
22	⑯	0	1' 58"
23	↗ <sub>3</sub>	9	45"
24	⑳	0	2' 07"
25	㉑	0	40"
26	㉒	0	47"
27	㉓	0	19"
28	㉔	0	59"
29	㉕	0	37"
30	1	0	45"
31	㉖	0	1' 28"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	42'

## APÉNDICE R

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°3

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	69	52	91	48	83	97	122	81	75	66	78.40	21.80	11
2	48	32	56	40	58	66	71	64	80	51	56.60	14.50	10
3	17	19	16	28	23	13	24	24	18	12	19.40	5.2	11
4	28	30	17	29	24	29	22	14	30	25	24.10	6.1	9
5	91	80	117	79	128	76	100	64	79	81	92.00	21.90	9
6	48	56	43	44	32	61	33	51	48	46	46.10	10.20	7
7	491	714	507	570	526	269	402	327	623	511	475.7	141.30	13
8	228	230	212	113	351	216	225	296	271	178	233.90	68.70	13

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°3. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°3**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	77.82	100	77.82
2	56.64	100	56.64
3	19.55	100	19.55
4	24.77	100	24.77
5	89.59	100	89.59
6	46.28	100	46.28
7	497.78	100	497.78
8	233.19	100	233.19

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	1' 40"
2	②	0	1' 13"
3	③	0	26"
4	④	2	33"
5	⑤	0	1' 58"
6	⑥	0	1' 01"
7	⑦	0	11' 42"
8	⑧	0	5' 16"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	23' 49"

## APÉNDICE S

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°4

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpieza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpieza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar y retirar platina sujetadora de mordazas
10	Limpieza de platina sujeta mordaza
11	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
12	Retiro de la mordaza 1
13	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
14	Limpieza de mordazas viejas
15	Limpieza del portamordazas
16	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
17	Retiro y transporte de mordazas nuevas
18	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
19	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
20	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
21	Transporte de portamordazas a la máquina
22	Colocación de waipe entre espacio vacío del portamordaza
23	Colocación de platina sujetadora de mordazas
24	Colocación de portamordazas en la máquina
25	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
26	Ajuste de perno delantero de portamordaza
27	Ajuste de perno lateral de cachimba
28	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	255	258	186	232	293	271	182	187	308	253	242.50	45	5
2	107	70	124	89	101	86	149	97	121	146	109.00	25.8	8
3	91	114	80	98	77	103	128	82	145	130	104.80	23.6	8
4	33	34	30	29	42	50	27	36	39	45	35.10	7.6	7
5	19	10	18	25	23	22	12	11	17	14	17.50	5.8	16
6	6	9	7	5	6	7	4	8	7	10	6.50	1.6	9
7	49	45	30	51	50	30	48	37	49	40	42.5	8.9	7
8	13	11	12	14	15	10	9	11	8	20	11.90	2.0	5
9	36	31	45	37	40	60	52	28	45	39	41.10	10.7	10
10	15	14	10	16	19	15	17	12	18	20	14.80	2.8	6
11	48	51	33	65	56	57	49	51	33	54	51.30	9.2	5
12	12	19	13	11	10	15	16	14	17	10	13.80	2.9	7
13	51	62	57	53	75	60	42	48	70	58	56.00	10.1	5
14	23	29	34	21	40	27	39	28	27	24	30.1	7.0	8
15	85	110	60	109	118	111	85	98	77	100	97.00	19.3	6
16	114	128	100	102	151	117	117	158	91	152	123.40	21.2	5
17	82	79	50	55	103	89	95	82	73	112	79.40	18.40	8

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
18	128	77	158	130	151	86	149	138	130	96	127.10	30.1	8
19	76	69	80	94	116	73	66	69	122	53	80.40	16.9	7
20	87	104	123	116	129	90	95	126	124	80	108.80	16.9	4
21	15	9	10	21	18	11	19	16	17	19	14.90	4.5	13
22	52	35	49	63	59	31	45	60	57	50	49.30	11.7	8
23	37	26	38	31	54	62	60	47	53	49	44.40	13.4	13
24	32	45	30	25	29	47	33	31	27	32	34.00	7.8	8
25	47	39	72	30	54	44	35	52	40	62	46.60	13.1	12
26	28	16	18	19	25	24	32	27	36	34	23.60	5.5	8
27	29	23	20	45	26	22	31	23	29	25	27.40	8.0	13
28	38	41	31	64	38	39	75	50	60	72	47.00	15.1	15



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°4. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
25	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
26	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
27	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
28	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°4**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	242.50	100	242.50
2	109.00	100	109.00
3	104.80	100	104.80
4	36.50	100	36.50
5	18.44	100	18.44
6	6.90	100	6.90
7	42.90	100	42.90
8	12.30	100	12.30
9	41.30	100	41.30
10	15.60	100	15.60
11	49.70	100	49.70
12	13.70	100	13.70
13	57.60	100	57.60
14	29.20	100	29.20
15	95.30	100	95.30
16	123.00	100	123.00
17	82.00	100	82.00
18	124.30	100	124.30
19	81.80	100	81.80
20	107.40	100	107.40
21	15.38	100	15.38
22	50.10	100	50.10
23	44.85	100	44.85
24	33.10	100	33.10
25	47.83	100	47.83
26	25.90	100	25.90
27	27.46	100	27.46
28	48.67	100	48.67

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	5' 11"
2	②	0	2' 20"
3	③	0	2' 15"
4	④	0	47"
5	⑤	0	24"
6	⑥	0	9"
7	⑦	0	55"
8	➡①	4.5	16"
9	⑧	0	3' 32"
10	⑨	0	20"
11	⑩	0	1' 04"
12	⑪	0	18"
13	⑫	0	1' 14"
14	①	3	38"
15	⑬	0	2' 03"
16	⑭	1	2' 38"
17	➡②	9	1' 46"
18	⑮	0	2' 40"
19	⑯	0	1' 45"
20	⑰	0	2' 18"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21		4.5	20"
22		0	1' 05"
23		0	58"
24		0	43"
25		0	1' 02"
26		0	34"
27		0	36"
28		0	1' 05"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	38' 56"

## APÉNDICE T

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°4

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

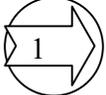
N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	109	136	103	81	146	91	112	81	114	84	105.50	22.6	7
2	33	38	27	46	54	39	24	35	47	47	39.00	9.6	9
3	20	33	15	23	17	27	24	27	25	26	23.50	5.2	7
4	94	116	89	56	84	135	131	108	50	82	101.50	26.2	10
5	161	190	144	197	135	121	132	237	205	119	164.60	40.0	9
6	57	92	59	53	71	71	84	35	40	52	65.30	18.2	12
7	253	235	327	125	169	233	290	286	334	218	239.80	66.30	11
8	145	182	177	92	110	184	191	193	167	109	159.10	39.0	9

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°4. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°4**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	105.55	100	105.55
2	39.04	100	39.04
3	23.54	100	23.54
4	94.43	100	94.43
5	164.08	100	164.08
6	60.66	100	60.66
7	246.65	100	246.65
8	154.95	100	154.95

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	2' 16"
2		0	51"
3		0	31"
4		4	2' 05"
5		0	3' 36"
6		0	1' 20"
7		0	5' 48"
8		0	3' 30"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	19' 57"

## APÉNDICE U

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°75

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpieza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpieza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
10	Retiro de la mordaza 1
11	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
12	Limpieza de mordazas viejas
13	Limpieza del portamordazas
14	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
15	Retiro y transporte de mordazas nuevas
16	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
17	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
18	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
19	Transporte de portamordazas a la máquina
20	Colocación de portamordazas en la máquina
21	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
22	Ajuste de perno delantero de portamordaza
23	Ajuste de perno lateral de cachimba
24	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	252	249	240	280	230	164	183	422	178	285	248.30	74.0	13
2	98	57	126	80	46	98	112	106	120	74	91.70	26.70	12
3	90	113	115	143	105	124	97	121	111	74	109.30	19.20	5
4	30	37	21	25	26	33	23	32	27	24	28.40	5.5	6
5	21	19	23	36	14	17	23	19	26	24	21.50	6.6	14
6	9	6	13	7	8	14	10	11	11	9	9.80	2.8	12
7	43	29	37	40	45	19	51	37	68	54	37.60	9.9	10
8	7	9	5	9	8	10	6	5	8	6	7.40	1.9	10
9	46	59	34	45	49	34	64	39	49	56	46.30	11.0	8
10	11	8	9	6	14	11	7	12	13	12	9.80	2.7	11
11	45	42	53	40	60	31	38	35	57	76	43.00	9.5	7
12	21	23	20	14	22	17	11	27	18	10	19.40	5.2	10
13	82	129	93	70	87	114	149	76	124	90	100.00	27.9	11
14	108	90	95	145	133	87	128	119	102	98	113.10	21.5	6
15	77	88	81	95	79	50	56	108	70	93	79.3	19.1	9
16	202	155	173	177	121	127	110	194	182	228	157.40	34.80	7
17	81	97	71	79	114	93	78	62	88	95	84.40	16.40	6
18	79	57	107	72	69	91	78	85	81	73	79.80	15.1	6
19	9	5	6	13	7	8	9	7	5	10	8.00	2.4	14
20	45	50	60	35	38	61	31	52	31	67	46.50	11.2	9
21	53	51	59	67	43	81	44	61	42	76	57.40	12.6	7
22	26	14	22	15	27	23	31	36	29	27	24.30	7.5	14
23	33	27	46	31	20	26	25	23	30	37	28.90	8.1	11
24	51	63	67	51	48	71	38	71	63	57	57.5	12.2	7

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°75. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°75**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	249.23	100	249.23
2	92.92	100	92.92
3	109.30	100	109.30
4	27.80	100	27.80
5	22.50	100	22.50
6	10.50	100	10.50
7	42.30	100	42.30
8	7.30	100	7.30
9	47.50	100	47.50
10	10.27	100	10.27
11	47.70	100	47.70
12	18.30	100	18.30
13	99.55	100	99.55
14	110.50	100	110.50
15	79.70	100	79.70
16	166.90	100	166.90
17	85.80	100	85.80
18	79.20	100	79.20
19	8.93	100	8.93
20	47.00	100	47.00
21	57.70	100	57.70
22	26.00	100	26.00
23	29.80	100	29.80
24	58.00	100	58.00

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	5' 20"
2	②	0	2' 00"
3	③	0	2' 21"
4	④	0	36"
5	⑤	0	29"
6	⑥	0	14"
7	⑦	0	55"
8	↗1	6	10"
9	⑧	0	4' 04"
10	⑨	0	14"
11	⑩	0	1' 02"
12	①	0	24"
13	⑪	0	2' 08"
14	⑫	4	2' 22"
15	↘2	0	1' 43"
16	⑬	1	3' 34"
17	⑭	12	1' 50"
18	⑮	0	1' 42"
19	↘3	0	12"
20	⑯	0	1' 01"
21	⑰	6	1' 14"
22	⑱	0	34"
23	⑲	0	39"
24	①	0	1' 15"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	36' 03"

## APÉNDICE V

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°75

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	58	33	52	53	46	84	71	75	52	63	58.60	15.0	10
2	45	62	69	38	34	51	60	56	56	47	51.90	10.9	7
3	17	12	16	21	20	15	16	7	16	18	15.80	3.8	9
4	82	62	57	71	76	108	106	63	116	94	78.10	19.6	9
5	149	143	146	123	132	86	138	147	144	53	133.00	20.7	4
6	43	73	35	59	44	51	53	31	46	63	48.60	13.4	11
7	316	282	352	278	372	272	593	485	400	444	368.80	114.6	14
8	161	167	225	154	102	67	141	177	165	198	149.30	47.8	15

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°75. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°75**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	58.60	100	58.60
2	51.92	100	51.92
3	15.75	100	15.75
4	83.46	100	83.46
5	126.11	100	126.11
6	50.39	100	50.39
7	374.32	100	374.32
8	155.24	100	155.24

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	1' 16"
2		0	1' 07"
3		0	21"
4		5	1' 50"
5		0	2' 46"
6		0	1' 07"
7		0	8' 48"
8		0	3' 30"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	20' 45"

## APÉNDICE W

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°5

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpeza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpeza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpeza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar y retirar platina sujetadora de mordazas
10	Limpeza de platina sujeta mordaza
11	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
12	Retiro de la mordaza 1
13	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
14	Limpeza de mordazas viejas
15	Limpeza del portamordazas
16	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
17	Retiro y transporte de mordazas nuevas
18	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
19	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
20	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
21	Transporte de portamordazas a la máquina
22	Colocación de waipe entre espacio vacío del portamordaza
23	Colocación de platina sujetadora de mordazas
24	Colocación de portamordazas en la máquina
25	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
26	Ajuste de perno delantero de portamordaza
27	Ajuste de perno lateral de cachimba
28	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	320	507	412	333	337	212	249	463	318	214	336.50	99.8	13
2	118	132	98	147	96	150	97	49	90	178	115.50	37.2	15
3	79	83	71	88	78	91	104	115	60	103	87.20	16.6	6
4	28	30	24	36	20	42	46	25	34	33	31.40	9.1	12
5	23	25	19	26	30	22	18	27	16	15	23.80	4.1	5
6	4	5	4	5	4	6	4	8	7	8	5.00	1.4	12
7	50	63	54	66	60	46	56	53	39	70	56.00	6.7	3
8	6	9	12	11	7	9	5	7	8	10	8.30	2.4	13
9	38	33	52	30	46	44	25	30	25	43	37.30	9.4	9
10	10	9	6	5	8	9	11	13	10	15	8.90	2.6	12
11	51	49	55	77	34	51	58	54	48	60	53.60	11.90	7
12	22	18	12	17	11	24	23	15	22	19	17.80	4.9	11
13	61	75	62	47	66	59	47	63	56	40	60.00	9.4	4
14	21	23	22	21	19	17	15	19	28	30	19.60	2.7	3
15	112	101	80	152	85	90	82	118	110	86	102.50	24.4	8
16	117	151	103	110	167	100	87	84	95	81	114.90	29.6	10
17	55	68	56	96	74	57	69	60	63	40	66.90	13.7	6
18	290	239	247	165	286	269	306	146	157	297	243.50	58.8	9

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
19	45	63	47	52	57	44	55	39	50	75	50.30	7.9	4
20	89	98	115	77	73	70	91	119	74	102	91.50	18.4	6
21	20	23	17	24	18	15	21	19	30	23	19.60	3.0	4
22	32	38	30	45	31	39	28	51	35	37	36.80	8.1	7
23	33	41	39	47	45	33	41	35	47	25	39.30	5.3	3
24	24	35	20	19	22	31	19	21	17	30	23.90	6.0	9
25	65	57	73	75	67	41	35	52	59	71	58.10	14.6	9
26	25	29	26	21	38	30	26	24	25	19	27.40	5.1	5
27	32	29	45	39	27	31	22	28	33	41	31.60	7.2	8
28	49	31	53	42	47	45	57	43	38	70	45.90	7.8	5



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°5. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
25	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
26	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
27	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
28	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°5**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	334.46	100	334.46
2	116.67	100	116.67
3	87.20	100	87.20
4	31.17	100	31.17
5	22.10	100	22.10
6	5.83	100	5.83
7	55.70	100	55.70
8	8.46	100	8.46
9	36.60	100	36.60
10	10.00	100	10.00
11	53.70	100	53.70
12	19.09	100	19.09
13	57.60	100	57.60
14	21.50	100	21.50
15	101.60	100	101.60
16	109.50	100	109.50
17	63.80	100	63.80
18	240.20	100	240.20
19	52.70	100	52.70
20	90.80	100	90.80
21	21.00	100	21.00
22	36.60	100	36.60
23	38.60	100	38.60
24	23.80	100	23.80
25	59.50	100	59.50
26	26.30	100	26.30
27	32.70	100	32.70
28	47.50	100	47.50

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	7' 09"
2	②	0	2' 30"
3	③	0	1' 52"
4	④	0	40"
5	⑤	0	29"
6	⑥	0	8"
7	⑦	0	1' 12"
8	↳④	5	11"
9	⑧	0	3' 08"
10	⑨	0	13"
11	⑩	0	1' 09"
12	⑪	0	25"
13	⑫	0	1' 14"
14	①	3	28"
15	⑬	0	2' 11"
16	⑭	1	2' 21"
17	↳②	10	1' 22"
18	⑮	0	5' 08"
19	⑯	0	1' 08"
20	⑰	0	1' 57"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21		5	27"
22		0	47"
23		0	50"
24		0	31"
25		0	1' 17"
26		0	34"
27		0	42"
28		0	1' 03"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	41' 06"

## APÉNDICE X

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°5

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	146	274	160	116	180	127	148	281	186	249	186.60	60.5	15
2	52	57	45	40	83	28	68	74	54	73	57.40	17.0	13
3	9	11	12	7	7	15	7	12	8	9	9.70	2.7	11
4	78	103	115	57	99	82	58	114	46	105	88.20	23.1	10
5	159	130	183	136	103	119	172	123	225	205	140.80	27.80	6
6	64	105	47	73	55	84	85	98	104	51	76.40	20.50	11
7	332	299	151	415	524	464	344	314	292	477	355.30	114.1	15
8	113	206	295	144	167	191	159	205	117	215	185.10	54.6	13

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°5. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°5**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	117.29	100	117.29
2	58.56	100	58.56
3	10.03	100	10.03
4	85.68	100	85.68
5	155.61	100	155.61
6	74.77	100	74.77
7	361.08	100	361.08
8	181.24	100	181.24

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	3' 48"
2		0	1' 16"
3		0	13"
4		5	1' 53"
5		0	3' 25"
6		0	1' 39"
7		0	8' 29"
8		0	4' 05"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	24' 48"

## APÉNDICE Y

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°6

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpeza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpeza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpeza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar y retirar platina sujetadora de mordazas
10	Limpeza de platina sujeta mordaza
11	Aflojar y retirar seguro de mordaza móvil
12	Limpeza de seguro de mordaza móvil
13	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
14	Retiro de la mordaza 1
15	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
16	Limpeza de mordazas viejas
17	Limpeza del portamordazas
18	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
19	Retiro y transporte de mordazas nuevas
20	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
21	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
22	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
23	Transporte de portamordazas a la máquina
24	Colocación de seguro de mordaza móvil
25	Colocación de waípe entre espacio vacío del portamordaza
26	Colocación de platina sujetadora de mordazas
27	Colocación de portamordazas en la máquina
28	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
29	Ajuste de perno delantero de portamordaza
30	Ajuste de perno lateral de cachimba
31	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	413	313	223	359	252	453	351	271	449	455	353.90	87.40	9
2	136	171	111	162	150	174	160	176	213	126	157.90	29.0	5
3	62	53	68	81	40	33	77	68	35	47	56.40	17.3	14
4	48	54	32	40	46	37	47	67	59	60	46.40	10.8	8
5	22	19	14	23	28	19	30	22	20	26	22.10	5.1	8
6	11	15	10	7	18	13	15	18	9	8	13.40	3.9	12
7	64	86	97	61	52	61	111	67	85	76	74.90	20.7	11
8	22	24	12	17	25	17	20	29	33	15	20.80	5.4	10
9	40	37	35	53	38	25	40	29	58	52	37.10	8.3	8
10	12	11	13	10	16	17	15	21	8	13	14.40	3.6	9
11	76	53	75	95	69	100	106	84	113	105	82.30	17.6	7
12	29	39	35	40	22	18	38	19	41	23	30.00	9.3	14
13	52	62	49	40	31	30	70	39	66	53	46.60	14.3	14
14	15	19	23	10	16	14	20	13	27	11	16.30	4.2	10
15	69	85	59	43	68	44	36	89	94	50	61.60	19.7	15
16	19	15	24	31	22	21	17	21	24	20	21.30	4.9	8
17	105	110	86	50	124	113	139	155	82	99	110.30	32.2	13

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
18	128	107	118	86	145	144	141	158	189	164	128.40	23.7	5
19	52	64	68	35	79	76	44	81	60	43	62.40	17.1	11
20	244	270	112	251	235	245	142	144	213	241	205.40	61.8	13
21	47	42	43	57	61	38	35	37	66	70	45.00	9.5	7
22	101	129	114	79	80	130	65	95	115	150	99.10	24.0	9
23	26	32	15	18	23	19	30	28	17	33	23.90	6.1	10
24	84	110	103	75	102	100	98	85	87	135	94.60	11.9	3
25	42	21	57	45	37	69	55	50	33	36	47.00	14.5	14
26	40	32	41	35	42	37	47	24	32	48	37.30	7.0	6
27	28	25	30	38	24	24	13	30	28	23	26.50	7.1	11
28	54	58	27	42	48	68	40	77	66	35	51.80	16.1	14
29	23	15	24	33	25	33	32	41	37	40	28.30	8	12
30	35	49	24	40	33	48	32	48	37	41	38.60	9.2	8
31	52	48	63	74	59	53	45	55	64	40	56.10	9.2	4



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°6. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
25	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
26	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
27	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
28	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
29	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
30	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
31	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°6**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	353.90	100	353.90
2	157.90	100	157.90
3	59.07	100	59.07
4	49.00	100	49.00
5	22.30	100	22.30
6	12.75	100	12.75
7	76.00	100	76.00
8	21.40	100	21.40
9	40.70	100	40.70
10	13.60	100	13.60
11	87.60	100	87.60
12	29.93	100	29.93
13	50.07	100	50.07
14	16.80	100	16.80
15	65.53	100	65.53
16	21.40	100	21.40
17	106.15	100	106.15
18	138.00	100	138.00
19	59.82	100	59.82
20	217.92	100	217.92
21	49.60	100	49.60
22	105.80	100	105.80
23	24.10	100	24.10
24	97.90	100	97.90
25	44.07	100	44.07
26	37.80	100	37.80
27	27.00	100	27.00
28	51.86	100	51.86
29	29.08	100	29.08
30	38.70	100	38.70
31	55.30	100	55.30

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	7' 34"
2	②	0	3' 23"
3	③	0	1' 16"
4	④	0	1' 03"
5	⑤	0	29"
6	⑥	0	17"
7	⑦	0	1' 38"
8	➡①	14	28"
9	⑧	0	3' 29"
10	⑨	0	18"
11	⑩	0	1' 53"
12	⑪	0	39"
13	⑫	0	1' 05"
14	⑬	0	22"
15	⑭	0	1' 25"
16	①	3	28"
17	⑮	0	2' 17"
18	⑯	1	2' 57"
19	➡②	28	1' 17"
20	⑰	0	4' 40"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21	(18)	0	1' 04"
22	(19)	0	2' 16"
23	↳3	14	31"
24	(20)	0	2' 06"
25	(21)	0	57"
26	(22)	0	49"
27	(23)	0	35"
28	(24)	0	1' 07"
29	(25)	0	38"
30	(26)	0	50"
31	1	0	1' 13"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	49' 04"

## APÉNDICE Y

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°6

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpeza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpeza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpeza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar y retirar platina sujetadora de mordazas
10	Limpeza de platina sujeta mordaza
11	Aflojar y retirar seguro de mordaza móvil
12	Limpeza de seguro de mordaza móvil
13	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
14	Retiro de la mordaza 1
15	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
16	Limpeza de mordazas viejas
17	Limpeza del portamordazas
18	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
19	Retiro y transporte de mordazas nuevas
20	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
21	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
22	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
23	Transporte de portamordazas a la máquina
24	Colocación de seguro de mordaza móvil
25	Colocación de waípe entre espacio vacío del portamordaza
26	Colocación de platina sujetadora de mordazas
27	Colocación de portamordazas en la máquina
28	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
29	Ajuste de perno delantero de portamordaza
30	Ajuste de perno lateral de cachimba
31	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	413	313	223	359	252	453	351	271	449	455	353.90	87.40	9
2	136	171	111	162	150	174	160	176	213	126	157.90	29.0	5
3	62	53	68	81	40	33	77	68	35	47	56.40	17.3	14
4	48	54	32	40	46	37	47	67	59	60	46.40	10.8	8
5	22	19	14	23	28	19	30	22	20	26	22.10	5.1	8
6	11	15	10	7	18	13	15	18	9	8	13.40	3.9	12
7	64	86	97	61	52	61	111	67	85	76	74.90	20.7	11
8	22	24	12	17	25	17	20	29	33	15	20.80	5.4	10
9	40	37	35	53	38	25	40	29	58	52	37.10	8.3	8
10	12	11	13	10	16	17	15	21	8	13	14.40	3.6	9
11	76	53	75	95	69	100	106	84	113	105	82.30	17.6	7
12	29	39	35	40	22	18	38	19	41	23	30.00	9.3	14
13	52	62	49	40	31	30	70	39	66	53	46.60	14.3	14
14	15	19	23	10	16	14	20	13	27	11	16.30	4.2	10
15	69	85	59	43	68	44	36	89	94	50	61.60	19.7	15
16	19	15	24	31	22	21	17	21	24	20	21.30	4.9	8
17	105	110	86	50	124	113	139	155	82	99	110.30	32.2	13

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
18	128	107	118	86	145	144	141	158	189	164	128.40	23.7	5
19	52	64	68	35	79	76	44	81	60	43	62.40	17.1	11
20	244	270	112	251	235	245	142	144	213	241	205.40	61.8	13
21	47	42	43	57	61	38	35	37	66	70	45.00	9.5	7
22	101	129	114	79	80	130	65	95	115	150	99.10	24.0	9
23	26	32	15	18	23	19	30	28	17	33	23.90	6.1	10
24	84	110	103	75	102	100	98	85	87	135	94.60	11.9	3
25	42	21	57	45	37	69	55	50	33	36	47.00	14.5	14
26	40	32	41	35	42	37	47	24	32	48	37.30	7.0	6
27	28	25	30	38	24	24	13	30	28	23	26.50	7.1	11
28	54	58	27	42	48	68	40	77	66	35	51.80	16.1	14
29	23	15	24	33	25	33	32	41	37	40	28.30	8	12
30	35	49	24	40	33	48	32	48	37	41	38.60	9.2	8
31	52	48	63	74	59	53	45	55	64	40	56.10	9.2	4



**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera N°6. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
25	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
26	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
27	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
28	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
29	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
30	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
31	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera N°6**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	353.90	100	353.90
2	157.90	100	157.90
3	59.07	100	59.07
4	49.00	100	49.00
5	22.30	100	22.30
6	12.75	100	12.75
7	76.00	100	76.00
8	21.40	100	21.40
9	40.70	100	40.70
10	13.60	100	13.60
11	87.60	100	87.60
12	29.93	100	29.93
13	50.07	100	50.07
14	16.80	100	16.80
15	65.53	100	65.53
16	21.40	100	21.40
17	106.15	100	106.15
18	138.00	100	138.00
19	59.82	100	59.82
20	217.92	100	217.92
21	49.60	100	49.60
22	105.80	100	105.80
23	24.10	100	24.10
24	97.90	100	97.90
25	44.07	100	44.07
26	37.80	100	37.80
27	27.00	100	27.00
28	51.86	100	51.86
29	29.08	100	29.08
30	38.70	100	38.70
31	55.30	100	55.30

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1	7' 34"
2	②	0	3' 23"
3	③	0	1' 16"
4	④	0	1' 03"
5	⑤	0	29"
6	⑥	0	17"
7	⑦	0	1' 38"
8	➡①	14	28"
9	⑧	0	3' 29"
10	⑨	0	18"
11	⑩	0	1' 53"
12	⑪	0	39"
13	⑫	0	1' 05"
14	⑬	0	22"
15	⑭	0	1' 25"
16	①	3	28"
17	⑮	0	2' 17"
18	⑯	1	2' 57"
19	➡②	28	1' 17"
20	⑰	0	4' 40"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21	(18)	0	1' 04"
22	(19)	0	2' 16"
23		14	31"
24	(20)	0	2' 06"
25	(21)	0	57"
26	(22)	0	49"
27	(23)	0	35"
28	(24)	0	1' 07"
29	(25)	0	38"
30	(26)	0	50"
31	[1]	0	1' 13"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	49' 04"

## APÉNDICE Z

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS N°6

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	99	124	101	58	127	132	74	128	96	126	106.50	25.3	8
2	21	20	18	30	19	33	22	26	35	18	24.20	6.4	10
3	10	13	14	14	11	12	7	11	9	15	11.60	2.4	6
4	36	27	41	58	34	51	36	40	54	45	40.30	9.8	9
5	101	105	71	143	98	140	92	121	71	164	108.70	24.4	8
6	63	102	44	53	68	72	82	56	58	55	67.50	18.3	11
7	388	484	477	420	451	249	153	427	398	459	381.00	118.4	14
8	137	220	193	130	125	112	180	164	219	119	157.70	37.9	9

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°6. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras N°6**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	106.47	100	106.47
2	24.20	100	24.20
3	11.65	100	11.65
4	42.13	100	42.13
5	110.49	100	110.49
6	66.20	100	66.20
7	388.30	100	388.30
8	159.97	100	159.97

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	2' 17"
2		0	32"
3		0	15"
4		3	56"
5		0	2' 26"
6		0	1' 28"
7		0	9' 07"
8		0	3' 37"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	20' 38"

APÉNDICE AA

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE LAS MÁQUINAS CLAVERAS SPN 90

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpieza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpieza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
10	Retiro de la mordaza 1
11	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
12	Limpieza de mordazas viejas
13	Limpieza del portamordazas
14	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
15	Retiro y transporte de mordazas nuevas
16	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
17	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
18	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
19	Transporte de portamordazas a la máquina
20	Colocación de portamordazas en la máquina
21	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
22	Ajuste de perno delantero de portamordaza
23	Ajuste de perno lateral de cachimba
24	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	221	130	211	222	274	181	178	250	232	152	205.10	44.5	7
2	85	98	67	51	80	119	143	72	98	77	89.00	26.7	13
3	77	53	82	77	96	75	84	79	95	110	82.80	15.3	5
4	26	34	25	14	22	26	34	27	38	25	26.00	6.4	9
5	17	10	25	21	18	22	26	24	21	28	20.40	5.3	10
6	12	9	6	16	17	12	10	11	14	18	11.60	3.6	14
7	33	45	37	24	36	31	15	42	40	20	32.90	9.7	13
8	9	10	6	7	9	13	15	11	16	8	10.00	3.0	13
9	31	36	30	22	42	36	23	35	41	55	31.90	6.8	7
10	6	4	7	6	5	8	4	7	6	10	5.90	1.5	9
11	38	37	52	29	36	48	35	47	31	40	40.30	7.9	6
12	17	25	23	11	30	21	19	25	17	18	21.40	5.8	11
13	79	66	90	107	81	123	95	88	159	96	91.10	17.6	6
14	97	113	137	120	107	99	97	103	65	105	109.1	13.9	3
15	83	78	62	86	103	110	102	79	100	65	87.9	16.0	5
16	189	214	126	220	223	235	142	200	218	184	193.60	39.6	6
17	75	89	60	71	63	97	71	118	67	46	80.50	19.6	9
18	78	64	83	61	101	80	96	68	87	65	78.90	14.4	5
19	11	17	16	8	11	9	13	7	11	15	11.50	3.6	15
20	38	45	30	43	33	50	35	32	29	38	38.30	7.1	5
21	62	72	108	80	85	78	74	46	70	76	75.60	17.9	8
22	19	23	15	19	14	17	22	18	14	21	18.40	3.1	5
23	35	46	25	40	48	35	24	46	47	50	37.40	9.3	9
24	47	33	45	41	58	61	37	51	43	56	46.60	9.8	7

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de las máquinas clavera SPN 90. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL	FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera SPN 90**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	205.10	100	205.10
2	88.46	100	88.46
3	82.80	100	82.80
4	27.10	100	27.10
5	21.20	100	21.20
6	12.07	100	12.07
7	32.23	100	32.23
8	10.77	100	10.77
9	35.10	100	35.10
10	6.30	100	6.30
11	39.30	100	39.30
12	20.36	100	20.36
13	98.40	100	98.40
14	104.30	100	104.30
15	86.80	100	86.80
16	195.10	100	195.10
17	75.70	100	75.70
18	78.30	100	78.30
19	12.53	100	12.53
20	37.30	100	37.30
21	75.10	100	75.10
22	18.20	100	18.20
23	36.60	100	36.60
24	47.20	100	47.20

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	3	4' 23"
2	②	0	1' 54"
3	③	0	1' 47"
4	④	0	35"
5	⑤	0	28"
6	⑥	0	16"
7	⑦	0	42"
8	⊠→	1.5	14"
9	⑧	0	3' 00"
10	⑨	0	9"
11	⑩	0	51"
12	①	0	27"
13	⑪	0	2' 07"
14	⑫	4	2' 14"
15	⊠→	0	1' 52"
16	⑬	1	4' 11"
17	⑭	0	1' 38"
18	⑮	0	1' 41"
19	⊠→	1.5	17"
20	⑯	0	48"
21	⑰	0	1' 37"
22	⑱	0	24"
23	⑲	0	51"
24	①	0	1' 03"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	33' 29"

APÉNDICE AB

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE  
LAS MÁQUINAS CLAVERAS SPN 90

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	87	71	104	68	95	115	102	54	125	127	94.70	24.8	10
2	37	37	26	41	53	58	55	53	59	48	46.70	10.9	8
3	11	15	14	9	12	7	9	10	8	12	10.70	2.5	8
4	71	86	133	91	112	74	119	115	87	103	100.20	22.7	8
5	65	79	69	57	112	60	88	64	53	53	74.30	18.4	9
6	52	82	48	47	77	41	91	62	75	62	62.40	18.7	13
7	241	265	305	186	128	212	373	241	235	335	244.00	74.4	14
8	101	149	162	144	114	131	152	209	138	107	145.30	32.8	8

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras SPN 90. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras SPN 90**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	94.72	100	94.72
2	46.73	100	46.73
3	10.72	100	10.72
4	99.18	100	99.18
5	69.99	100	69.99
6	62.33	100	62.33
7	254.59	100	254.59
8	140.78	100	140.78

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	2' 02"
2		0	1' 00"
3		0	14"
4		1.5	2' 11"
5		0	1' 33"
6		0	1' 23"
7		0	5' 59"
8		0	3' 11"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	17' 33"

APÉNDICE AC

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE MORDAZAS DE  
LAS MÁQUINAS CLAVERAS S 170 y W S 100

Actividades del proceso cambio de mordazas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Aflojar perno superior de portamordaza
3	Aflojar perno lateral de portamordaza y retiro de cachimba
4	Limpieza de cachimba
5	Aflojar perno delantero de portamordaza
6	Retiro de portamordaza
7	Limpieza de base donde descansa el portamordaza
8	Transporte de portamordaza a mesa de trabajo
9	Aflojar perno superiores ajusta mordazas
10	Retiro de la mordaza 1
11	Retiro de la mordaza 2 (usando golpes de combo)
12	Limpieza de mordazas viejas
13	Limpieza del portamordazas
14	Secado de portamordazas (usando aire a presión)
15	Retiro y transporte de mordazas nuevas
16	Colocación de mordaza 1 en el portamordaza
17	Colocación de mordaza 2 en el portamordaza
18	Ajuste de pernos superiores ajusta mordazas
19	Transporte de portamordazas a la máquina
20	Colocación de portamordazas en la máquina
21	Ajuste de perno lateral y colocación de cachimba
22	Ajuste de perno delantero de portamordaza
23	Ajuste de perno lateral de cachimba
24	Inspección de movimiento de las mordazas

**Actividades del proceso de cambio de mordazas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	365	466	644	449	361	396	354	402	285	386	410.80	96.3	8
2	127	104	134	164	145	188	96	145	97	151	135.10	30.0	7
3	85	52	54	124	80	66	48	77	89	91	76.60	22.9	13
4	39	43	36	28	37	32	32	51	37	49	37.30	7.2	6
5	31	33	29	23	53	27	41	28	33	37	33.10	9.6	12
6	14	16	12	16	15	13	11	15	8	23	14.00	1.9	3
7	73	119	63	103	95	111	92	67	70	77	90.40	20.8	8
8	18	22	10	11	22	15	13	16	23	18	15.90	4.6	12
9	93	86	90	114	75	83	75	120	79	95	92.00	16.80	5
10	16	18	12	14	19	22	17	10	11	18	16.00	3.9	9
11	88	134	95	89	71	80	106	142	104	77	100.60	25.3	9
12	23	27	33	15	37	30	33	27	21	48	28.1	6.9	9
13	125	139	124	111	107	149	91	70	82	136	114.50	25.6	8
14	151	161	147	155	94	148	120	186	190	114	145.30	27.5	6
15	47	31	40	65	50	57	63	67	45	38	52.50	12.8	9
16	264	384	295	244	298	337	276	266	124	275	295.50	45.4	4
17	53	51	32	47	59	46	36	50	43	66	46.80	8.9	6
18	159	218	132	193	189	242	212	200	142	215	193.10	34.5	5
19	23	17	29	25	18	23	20	28	21	27	22.90	4.4	6
20	19	17	21	23	29	16	13	20	22	25	19.80	4.9	9
21	81	58	84	60	83	54	84	61	80	67	70.60	13.4	6
22	36	39	37	30	34	18	26	17	23	29	29.60	8.5	12
23	41	44	31	65	29	52	58	46	45	53	45.80	12.4	11
24	47	68	55	97	41	83	59	63	56	80	64.10	18.5	12

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de cambio de mordazas de máquinas clavera S 170 y W S 100 (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
5	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
6	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
7	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
8	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
9	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
10	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
11	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
12	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
13	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
14	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
15	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
16	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
17	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
18	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
19	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
20	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
21	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
22	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
23	4	3	2	0	0	1	0	7	5	22
24	4	3	2	0	0	1	2	7	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio mordazas de la máquina clavera S 170 y W S 100**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	410.80	100	410.80
2	135.10	100	135.10
3	79.08	100	79.08
4	38.40	100	38.40
5	33.25	100	33.25
6	14.30	100	14.30
7	87.00	100	87.00
8	17.42	100	17.42
9	91.00	100	91.00
10	15.70	100	15.70
11	98.60	100	98.60
12	29.40	100	29.40
13	113.40	100	113.40
14	146.60	100	146.60
15	50.30	100	50.30
16	276.30	100	276.30
17	48.30	100	48.30
18	190.20	100	190.20
19	23.10	100	23.10
20	20.50	100	20.50
21	71.20	100	71.20
22	30.17	100	30.17
23	46.27	100	46.27
24	63.25	100	63.25

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	3	8' 47"
2	②	0	2' 54"
3	③	0	1' 42"
4	④	0	50"
5	⑤	0	43"
6	⑥	0	19"
7	⑦	0	1' 52"
8	Σ→	8	23"
9	⑧	0	7' 47"
10	⑨	0	21"
11	⑩	0	2' 07"
12	①	0	38"
13	⑪	0	2' 26"
14	⑫	4	3' 08"
15	Σ→	1	1' 05"
16	⑬	0	5' 55"
17	⑭	0	1' 02"
18	⑮	0	4' 04"
19	Σ→	8	30"
20	⑯	0	27"
21	⑰	0	1' 32"
22	⑱	0	39"
23	⑲	0	1' 00"
24	①	0	1' 24"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	51' 35"

APÉNDICE AD

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CAMBIO DE CUCHILLAS DE  
LAS MÁQUINAS CLAVERAS S 170 y W S 100

Actividades del proceso cambio de cuchillas	
N°	ACTIVIDAD
1	Limpieza de la máquina para retirar mota de clavo
2	Retiro de pernos superiores y aseguradores de cuchilla
3	Retiro de cuchillas viejas de la máquina
4	Retiro de cuchillas nuevas desde lugar de almacenamiento
5	Colocación y ajuste de pernos laterales y cuchillas nuevas
6	Colocación de tuercas y seguros superiores
7	Calibración de cuchillas
8	Chequeo del clavo

**Actividades del proceso de cambio de cuchillas con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	118	228	199	104	193	176	195	160	145	113	163.20	42.0	10
2	39	24	30	37	20	38	44	24	52	27	33.60	10.2	13
3	12	13	18	11	16	18	13	10	15	8	13.40	3.4	9
4	50	62	42	72	36	46	64	48	43	97	52.50	12.3	8
5	153	145	185	135	102	198	108	152	88	80	147.30	33.4	8
6	84	106	117	109	65	85	44	74	83	91	85.40	24.7	12
7	349	221	347	451	247	359	533	528	249	505	376.40	117.0	14
8	125	92	185	99	107	152	86	133	101	99	122.30	33.8	11

**Tolerancias de las diferentes actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras S 170 y W S 100. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES
1	4	3	2	0	1	0	7	5	22
2	4	3	2	0	1	0	7	5	22
3	4	3	2	0	1	0	7	5	22
4	4	3	2	0	1	2	7	5	24
5	4	3	2	0	1	2	7	5	24
6	4	5	2	0	1	0	7	5	24
7	4	5	2	0	1	5	7	5	29
8	4	5	2	0	1	2	7	5	26

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de cambio de cuchillas de las máquinas claveras S 170 y W S 100**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	163.16	100	163.16
2	34.42	100	34.42
3	13.37	100	13.37
4	55.98	100	55.98
5	134.65	100	134.65
6	86.04	100	86.04
7	369.66	100	369.66
8	116.74	100	116.74

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1		1	3' 30"
2		0	45"
3		0	18"
4		2	1' 14"
5		0	2' 58"
6		0	1' 54"
7		0	8' 41"
8		0	2' 38"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	21' 58"

APÉNDICE AE

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE CARGA, PULIDO Y  
DESCARGA DE LOS BOMBOS PULIDORES

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
1	Colocar borde protector en el extremo del bombo #1
2	Recoger artesa y traslado hacia bombo #1 (tecle)
3	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores
4	Vaciado de artesa en el bombo #1
5	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo del bombo
6	Recoger aserrín y trastornar en el bombo
7	Recoger tapa y colocarla en el bombo #1 (tecle)
8	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido continuo
9	Colocar borde protector en el extremo del bombo #2
10	Recoger artesa y traslado hacia bombo #2 (tecle)
11	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores
12	Vaciado de artesa en el bombo #2
13	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo del bombo
14	Recoger aserrín y trastornar en el bombo
15	Recoger tapa y colocarla en el bombo #2 (tecle)
16	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido continuo
17	Colocar borde protector en el extremo del bombo #3
18	Recoger artesa y traslado hacia bombo #3 (tecle)
19	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores
20	Vaciado de artesa en el bombo #3
21	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo del bombo
22	Recoger aserrín y trastornar en el bombo
23	Recoger tapa y colocarla en el bombo #3 (tecle)
24	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido continuo
25	<i>Tiempo restante hasta que este listo el clavo del bombo #1</i>
26	Retiro de los dos tornillos de la tapa del bombo #1
27	Retiro de la tapa (tecle)
28	Trastorno del clavo atrapado en la tapa
29	Dejar tapa en el piso
30	Subir tecle
31	Colocar protector en el borde de la artesa
32	Trastorno del clavo pulido en la artesa
33	Traslado de artesa hacia zaranda y vaciado en ella
34	Traslado de artesa hacia lugar de almacenamiento
35	Traslado de tecle hacia el bombo #2

Actividades del proceso cambio de serie de hileras	
N°	ACTIVIDAD
36	Retiro de los dos tornillos de la tapa del bombo #2
37	Retiro de la tapa (tecle)
38	Trastorno del clavo atrapado en la tapa
39	Dejar tapa en el piso
40	Subir tecla
41	Colocar protector en el borde de la artesa
42	Trastorno del clavo pulido en la artesa
43	Traslado de artesa hacia zaranda y vaciado en ella
44	Traslado de artesa hacia lugar de almacenamiento
45	Traslado de tecla hacia bombo #3
46	Retiro de los dos tornillos de la tapa del bombo #3
47	Retiro de la tapa (tecle)
48	Trastorno del clavo atrapado en la tapa
49	Dejar tapa en el piso
50	Subir tecla
51	Colocar protector en el borde de la artesa
52	Trastorno del clavo pulido en la artesa
53	Traslado de artesa hacia zaranda y vaciado en ella
54	Traslado de artesa hacia lugar de almacenamiento

**Actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	7	5	11	10	6	8	6	5	11	7	7.60	2.3	13
2	29	21	33	16	33	31	35	15	36	18	26.80	8.2	14
3	12	9	14	6	15	12	16	11	16	12	12.20	3.2	10
4	55	61	58	49	41	34	52	59	52	39	51.10	9.4	5
5	54	52	45	85	63	40	46	53	52	61	54.70	14.0	10
6	28	50	30	27	32	36	47	61	38	38	39.10	12.4	15
7	43	43	40	24	63	41	42	54	50	35	44.00	11.2	10
8	23	12	32	24	17	25	29	18	19	30	22.50	6.7	13
9	10	17	11	11	13	12	21	8	11	13	12.80	4.2	15
10	38	47	24	36	27	23	31	34	28	38	32.50	8.1	9
11	11	14	19	15	9	15	12	20	14	13	14.30	3.8	10
12	52	52	85	70	49	72	44	40	49	40	58.00	15.6	11
13	55	62	38	74	52	61	45	53	28	38	55.30	11.1	6
14	31	38	39	14	46	38	41	32	26	37	35.00	9.7	11
15	47	56	58	55	49	25	53	33	57	67	47.00	11.9	10
16	25	23	24	32	32	30	31	10	30	26	25.90	7.6	13
17	16	12	13	12	9	15	7	6	13	16	11.30	3.6	15
18	47	60	52	27	68	27	56	55	54	41	49.10	15.0	14
19	11	19	9	8	10	14	18	16	16	12	12.90	4.0	14
20	50	45	45	36	53	51	49	69	42	77	49.70	9.3	5
21	54	36	35	49	34	65	64	46	69	59	47.90	12.7	10
22	35	58	25	40	43	43	31	21	45	38	37.20	11.9	15
23	50	39	66	45	40	59	37	45	74	52	47.60	10.3	7
24	24	28	22	23	32	14	13	27	27	24	23.00	6.5	12
25	1696	1695	1691	1688	1691	1688	1694	1686	1685	1692	1691.20	3.6	1

**Actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
26	26	18	21	20	24	32	30	24	13	20	24.30	4.9	6
27	17	23	25	21	27	19	14	17	14	12	20.20	4.5	7
28	16	18	17	15	14	24	17	22	13	21	17.90	3.5	6
29	14	15	10	11	9	18	12	8	16	11	12.00	3.3	11
30	26	28	16	47	28	26	23	22	24	28	26.80	9.1	17
31	11	13	18	17	14	13	6	15	12	21	13.40	3.8	12
32	57	72	37	27	69	54	45	73	49	58	54.30	16.9	14
33	100	117	82	93	115	157	86	93	107	79	105.30	24.3	8
34	83	61	59	70	73	55	76	78	85	78	69.40	9.9	3
35	36	47	42	33	43	26	55	31	30	31	39.10	9.4	9
36	28	18	20	37	29	21	19	38	31	33	26.30	8.1	14
37	18	22	11	19	20	17	14	22	24	28	17.80	3.9	7
38	21	25	14	36	19	30	17	25	22	30	23.40	7.2	14
39	16	19	21	11	22	18	24	20	25	20	18.80	3.9	7
40	25	36	23	38	20	23	24	20	25	22	26.00	6.8	10
41	13	23	21	11	14	23	25	25	19	14	19.40	5.8	13
42	62	53	87	68	61	38	57	87	45	58	64.00	16.70	10
43	92	99	123	84	136	64	88	97	68	71	98.10	22.40	8
44	90	70	137	81	121	99	76	82	64	69	94.50	23.40	9
45	42	78	45	55	48	36	28	45	64	45	47.00	15.0	15
46	26	33	32	19	28	14	12	22	20	31	23.30	7.8	17
47	23	33	19	29	20	16	34	30	26	21	25.50	7.1	11
48	20	23	19	34	24	25	14	28	30	23	23.30	5.9	10
49	18	25	27	23	20	12	23	12	17	19	19.90	5.6	12
50	23	17	26	42	27	42	38	34	35	26	31.10	9.3	13
51	12	10	16	19	23	11	17	11	12	12	14.90	4.6	14
52	57	64	40	76	54	63	47	55	30	40	57.30	11.1	6
53	95	143	107	85	74	90	120	95	94	132	101.00	21.8	7
54	93	74	80	135	80	99	94	71	102	143	90.80	20.5	8

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
2	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
3	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
4	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
5	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
6	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
7	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
8	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
9	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
10	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
11	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
12	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
13	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
14	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
15	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
16	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
17	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
18	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
19	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
20	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
21	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
22	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
23	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
24	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
27	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
28	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
29	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
30	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
31	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
32	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18

**Tolerancias asignadas a las diferentes actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores. (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
33	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
34	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
35	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
36	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
37	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
38	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
39	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
40	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
41	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
42	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
43	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
44	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
45	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
46	2	3	2	0	0	2	2	4	5	18
47	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
48	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
49	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
50	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
51	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
52	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
53	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18
54	2	3	2	0	0	2	0	4	5	18

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	8.38	100	8.38
2	28.12	100	28.12
3	12.20	100	12.20
4	49.99	100	49.99
5	55.06	100	55.06
6	35.62	100	35.62
7	43.64	100	43.64
8	23.28	100	23.28
9	13.45	100	13.45
10	32.68	100	32.68
11	14.16	100	14.16
12	55.65	100	55.65
13	50.91	100	50.91
14	34.13	100	34.13
15	49.99	100	49.99
16	27.80	100	27.80
17	15.47	100	15.47
18	48.81	100	48.81
19	13.11	100	13.11
20	51.76	100	51.76
21	51.08	100	51.08
22	37.81	100	37.81
23	50.67	100	50.67
24	24.08	100	24.08
25	1690.71	100	1690.71
26	22.77	100	22.77
27	18.81	100	18.81
28	17.77	100	17.77
29	12.94	100	12.94
30	28.12	100	28.12
31	13.48	100	13.48
32	54.89	100	54.89
33	102.85	100	102.85
34	71.81	100	71.81
35	37.41	100	37.41
36	27.19	100	27.19
37	19.44	100	19.44

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de carga, pulido y descarga de los bombos pulidores**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
38	23.61	100	23.61
39	19.55	100	19.55
40	25.53	100	25.53
41	17.92	100	17.92
42	61.50	100	61.50
43	92.42	100	92.42
44	88.89	100	88.89
45	46.64	100	46.64
46	24.71	100	24.71
47	25.16	100	25.16
48	23.99	100	23.99
49	20.34	100	20.34
50	29.49	100	29.49
51	14.42	100	14.42
52	52.91	100	52.91
53	103.37	100	103.37
54	97.11	100	97.11

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	0.5	13"
2	➡ <sub>1</sub>	7	35"
3	②	0	15"
4	③	0	1' 01"
5	➡ <sub>2</sub>	1	1' 08"
6	④	1.5	44"
7	➡ <sub>3</sub>	1	54"
8	⑤	0	29"
9	⑥	2	17"
10	➡ <sub>4</sub>	9	40"
11	⑦	0	18"
12	⑧	0	1' 08"
13	➡ <sub>5</sub>	1	1' 03"
14	⑨	1.5	42"
15	➡ <sub>6</sub>	1	1' 01"
16	⑩	0	34"
17	⑪	2	19"
18	➡ <sub>7</sub>	11	1' 00"
19	⑫	0	16"
20	⑬	0	1' 04"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
21		1	1' 03"
22		3	47"
23		1	1' 02"
24		0	30"
25			28' 11"
26		0	28"
27		7	23"
28		0	22"
29		0.5	16"
30		0.5	35"
31		0.5	17"
32		0	1' 07"
33		12	2' 06"
34		27	1' 28"
35		16.5	46"
36		0	34"
37		0	24"
38		0	29"
39		0.5	24"
40		0.5	32"

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
41	⊙23	0.5	22"
42	⊙24	0	1' 15"
43	⊙25	10	1' 53"
44	Σ18➔	27	1' 49"
45	Σ19➔	19.5	57"
46	⊙26	0	31"
47	Σ20➔	0	31"
48	⊙27	0	30"
49	Σ21➔	0.5	25"
50	Σ22➔	0.5	36"
51	⊙28	0.5	18"
52	⊙29	0	1' 05"
53	⊙30	7	2' 07"
54	Σ23➔	27	1' 59"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	1h 09' 43"

APÉNDICE AF

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE EMBALAJE DE CAJAS DE 25  
KG.

Actividades del proceso de embalaje de cajas de 25 kg	
N°	ACTIVIDAD
1	Cambio de zaranda
2	Armado de 64 cajas de cartón
3	Identificado de la caja con sello del tipo de clavo
4	Llenado de 64 cajas de 25 Kgs.(máquina embaladora)
5	Verificación del peso de la caja y sellado de 64 cajas de 25 Kgs.
6	Paletizado de 64 cajas de clavos

**Actividades del proceso de embalaje en cajas de 25 kg con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	559	519	524	431	648	567	613	701	502	765	582.90	100.2	5
2	1023	1158	905	1131	1049	1114	1292	1354	1138	1091	1125.50	128.1	2
3	201	187	164	191	194	128	270	285	254	317	219.10	59.4	11
4	3609	3605	3615	3751	3546	3712	3512	3698	3479	3900	3630.90	83.0	1
5	960	1024	1022	874	1028	1153	753	819	1039	827	954.20	130.8	3
6	255	231	256	220	396	265	190	278	435	310	261.40	60.9	8

**Tolerancias de las diferentes actividades del proceso de embalaje de cajas de 25 kg (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
2	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
3	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
4	3	4	2	0	13	2	2	5	5	34
5	3	4	2	0	13	2	2	5	5	34
6	3	4	2	0	13	2	0	5	5	34

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de embalaje en cajas de 25 kg**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	582.93	100	582.93
2	1125.48	100	1125.48
3	222.42	100	222.42
4	3642.57	100	3642.57
5	949.89	100	949.89
6	283.68	100	283.68

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1.5	12' 28"
2	②	1	24' 03"
3	③	0.5	4' 46"
4	④	1.5	92' 00"
5	⑤	1	24' 00"
6	①	3	7' 10"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	2h 44' 27"

APÉNDICE AG

ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE EMBALAJE DE CAJAS DE 10

KG

Actividades del proceso de embalaje en cajas de 10 kg	
N°	ACTIVIDAD
1	Cambio de zaranda
2	Armado de 64 cajas de cartón
3	Identificado de la caja con sello del tipo de clavo
4	Llenado de 64 cajas de 10 Kgs.(máquina embaladora)
5	Verificación del peso de la caja y sellado de 64 cajas de 10 Kgs.
6	Paletizado de 64 cajas de clavos

**Actividades del proceso de embalaje en cajas de 10 kg con los tiempos obtenidos en cada una de ellas según el número de muestras necesarias**

N°	MUESTRAS (SEGUNDOS)										MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N° DE MUESTRAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	559	725	555	758	642	494	451	444	552	532	571.10	106.70	5
2	960	913	953	1132	901	1012	1014	853	859	977	957.30	83.60	2
3	195	165	165	268	121	133	110	215	191	191	175.40	47.40	11
4	2175	2094	2144	2239	2250	2224	2114	2283	2205	2209	2190.50	68.80	1
5	1279	1217	1387	1392	1293	1345	1377	1422	1047	1326	1339.00	69.80	1
6	253	175	221	338	301	182	189	302	188	285	245.20	63.0	10

**Tolerancias de las diferentes actividades del proceso de embalaje de cajas de 10 kg (en %)**

ACTIVIDAD	PERSONAL FATIGA	ESTAR DE PIE	POSTURA	EMPLEO DE FUERZA	ILUMINACIÓN	ATENCIÓN	CONDICIONES ATMOSFÉRICA	RUIDO	TOTAL DE CONCESIONES	
1	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
2	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
3	3	4	2	0	1	2	0	5	5	22
4	3	4	2	0	3	2	2	5	5	24
5	3	4	2	0	3	2	2	5	5	24
6	3	4	2	0	3	2	0	5	5	24

**Tiempos de ciclo real, factores de evaluación y tiempos normales de las actividades del proceso de embalaje en cajas de 10 kg**

ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO REAL (SEG)	FACTOR DE EVALUACIÓN (%)	TIEMPO NORMAL (SEG)
1	571.10	100	571.10
2	957.31	100	957.31
3	181.53	100	181.53
4	2193.83	100	2193.83
5	1308.46	100	1308.46
6	243.39	100	243.39

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO ESTÁNDAR
1	①	1.5	12' 13"
2	②	1	20' 28"
3	③	0.5	3' 53"
4	④	1.5	48' 07"
5	⑤	1	28' 42"
6	①	3	5' 21"
		TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR	1h 58' 44"

APÉNDICE AH

HOJA DE EVALUACIÓN A OPERADORES SOBRE CONOCIMIENTOS DE  
USO DEL MICRÓMETRO Y JABÓN LUBRICANTE

**Evaluación de conocimientos de trefiladores (Hoja para operador)**

1. *¿En que condiciones se encuentra su micrómetro?*

Óptimas\_\_\_\_ Buenas\_\_\_\_ Regulares\_\_\_\_ Malas \_\_\_\_ No tiene\_\_\_\_

2. *¿Ha recibido algún curso o seminario sobre el uso del micrómetro o del jabón lubricante?*

Cuál \_\_\_\_\_

Si\_\_\_\_ No\_\_\_\_ Hace que tiempo\_\_\_\_\_

3. *¿Qué se mide con un micrómetro?*

Longitud\_\_\_\_ Diámetro\_\_\_\_ Profundidad\_\_\_\_ No sabe \_\_\_\_

4. *¿En que unidades mide su micrómetro?*

Metros\_\_\_\_ Centímetros\_\_\_\_ Milímetros\_\_\_\_ Pulgadas\_\_\_\_ No sabe \_\_\_\_

5. *¿El micrómetro que utiliza es el que se le asignó o es prestado por otro compañero? (si es prestado) ¿que paso con el original?*

Propio\_\_\_\_ Prestado\_\_\_\_

(si es prestado)

Se perdió \_\_\_\_ Se dañó \_\_\_\_ No sabe \_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

6. *¿Con qué frecuencia calibra su micrómetro?*

Cada turno \_\_\_\_ Cada semana \_\_\_\_ Cada mes \_\_\_\_ Nunca lo ha calibrado \_\_\_\_

Solo cuando se ha descalibrado \_\_\_\_ No sabe calibrar el micrómetro \_\_\_\_

7. *¿Cuántos tipos de jabón conoce?*

Uno \_\_\_\_ Dos \_\_\_\_ Tres \_\_\_\_ Cuatro \_\_\_\_ Más de cuatro \_\_\_\_ No sabe \_\_\_\_

8. *¿Qué tipo de jabón utiliza en la máquina.....*

M-1..... Gris \_\_\_\_ Azul \_\_\_\_ Tecknova \_\_\_\_

M-10..... Gris \_\_\_\_ Azul \_\_\_\_ Tecknova \_\_\_\_

K-5..... Gris \_\_\_\_ Azul \_\_\_\_ Tecknova \_\_\_\_

K-6..... Gris \_\_\_\_ Azul \_\_\_\_ Tecknova \_\_\_\_

9. *¿A partir de qué jabonera usa el jabón azul en la máquina M-10?*

1era. \_\_\_\_ 2da. \_\_\_\_ 3era. \_\_\_\_ 4ta. \_\_\_\_ 5ta. \_\_\_\_ 6ta. \_\_\_\_

7ma \_\_\_\_ 8va. \_\_\_\_ 9na. \_\_\_\_ Todas \_\_\_\_ Ninguna \_\_\_\_

**Evaluación de conocimientos de trefiladores (Hoja para evaluador)**

Operador: \_\_\_\_\_

*Mediciones tomadas al operador:*

*(Se pone el micrómetro en 5 diferentes medidas para que los operadores las lean)*

	Correcta	Incorrecta
1.	_____	_____
2.	_____	_____
3.	_____	_____
4.	_____	_____
5.	_____	_____

*Uso del seguro del micrómetro*

Conoce \_\_\_\_\_ No conoce \_\_\_\_\_

*Uso del rache del micrómetro (forman en que calibran un diámetro)*

Conoce \_\_\_\_\_ No conoce \_\_\_\_\_

## APÉNDICE AI

### PROCESO MEJORADO DE CARGA Y DESCARGA DE LOS BOMBOS

#### PULIDORES

#	Actividad	Tiempo
1	Colocar borde protector en el extremo del bombo	0' 13"
2	Recoger artesa y traslado hacia el bombo #1	0' 35"
3	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores	0' 15"
4	Vaciado de artesa en el bombo #1	1' 01"
5	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo	1' 08"
6	Recoger aserrín y vaciarlo en bombo	0' 44"
7	Recoger tapa y colocarla en el bombo #1	0' 54"
8	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido	0' 29"
9	Colocar borde protector en el extremo del bombo	0' 17"
10	Recoger artesa y traslado hacia el bombo #2	0' 40"
11	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores	0' 18"
12	Vaciado de artesa en el bombo #2	1' 08"
13	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo	1' 03"
14	Recoger aserrín y vaciarlo en bombo	0' 42"
15	Recoger tapa y colocarla en el bombo #2	1' 01"
16	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido	0' 34"
17	Colocar borde protector en el extremo del bombo	0' 19"
18	Recoger artesa y traslado hacia el bombo #3	1' 00"
19	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores	0' 16"
20	Vaciado de artesa en el bombo #3	1' 04"
21	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo	1' 03"
22	Recoger aserrín y vaciarlo en bombo	0' 47"
23	Recoger tapa y colocarla en el bombo #3	1' 02"
24	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido	0' 30"
25	"Tiempo restante hasta que este listo el bombo #1"	28' 11"
26	Retiro de los dos tornillos de la tapa del bombo #1	0' 28"
27	Retiro de la tapa	0' 23"
28	Vaciado de clavo atrapado en la tapa (virándola)	0' 22"
29	Dejar tapa en el piso	0' 16"
30	Colocar protector en el borde de la artesa	0' 17"
31	Vaciado del calvo pulido en la artesa	1' 07"
32	Traslado de artesa hacia zaranda y vaciado	2' 06"
33	Colocar borde protector en el extremo del bombo	0' 13"
34	Recoger artesa y traslado hacia el bombo #1	0' 35"
35	Centrar artesa y apoyarla en las bases superiores	0' 15"
36	Vaciado de artesa en el bombo #1	1' 01"
37	Colocar la artesa vacía en la parte de abajo	1' 08"
38	Recoger aserrín y vaciarlo en bombo	0' 44"
39	Recoger tapa y colocarla en el bombo #1	0' 54"
40	Sellar y atornillar tapa de bombo y encendido	0' 29"
41	Traslado del tecle hacia bombo #2	0' 46"