



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL  
CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA  
EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**

**Walter Emilio Ramírez Córdova**

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

**Guatemala, mayo de 2009**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL  
CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA  
EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WALTER EMILIO RAMÍREZ CÓRDOVA**

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmientos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.,**

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha septiembre de 2007.

  
**Walter Emilio Ramírez Córdova**



Guatemala, 20 de abril de 2009.  
Ref.EPS.DOC.602.04.09.

Ingeniera  
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

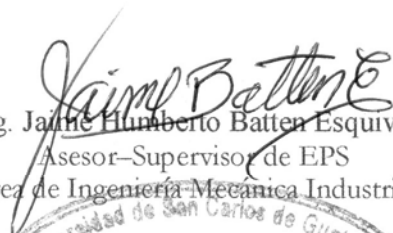
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Walter Emilio Ramírez Córdova**, Carné No. **200117088** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES EN EL ÁREA DE GALVANIZADO PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.”**.

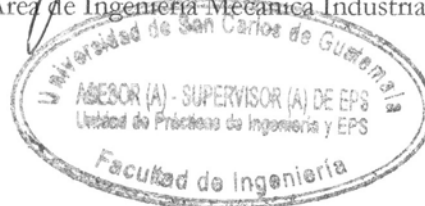
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 20 de abril de 2009.  
Ref.EPS.D.228.04.09.

Ingeniero  
José Francisco Gómez Rivera  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Gómez Rivera.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES EN EL ÁREA DE GALVANIZADO PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Walter Emilio Ramírez Córdova** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Surrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES EN EL ÁREA DE GALVANIZADO PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Walter Emilio Ramírez Córdova**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miryam Patricia Rubio de Akú  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

MIRYAM PATRICIA RUBIO CONTRERAS  
INGENIERA INDUSTRIAL  
COL. No. 4.074

Guatemala, abril de 2009.

/mgp.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Walter Emilio Ramírez Córdova**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2009.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORA DEL CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA EFICIENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TREFILACIÓN, ESPIGADO Y GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Walter Emilio Ramírez Córdova**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, mayo de 2009.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel**, por la confianza, orientación y el tiempo dedicado a la realización de este trabajo.

**Victor Peralta, Sergio Lemus, Eber Gordillo, Wilson Leiva, Juan Pacheco, Jorge Solís, José Chavarría, Geovanny Guzmán**, compañeros y amigos que de una u otra forma me motivaron a culminar mi carrera de Ingeniería Industrial.

**Ing. Publio L. Fajardo Ramírez:** por la amistad, apoyo y oportunidad de desarrollar el presente proyecto en la planta de clavo y alambres (D. E. P.).

**A TODO EL PERSONAL DE LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES DE LA  
EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por ser mi fuente de sabiduría y superación a lo largo de mi vida personal como profesional.

### **MIS PADRES**

Juan Heberto Ramírez Suárez y Olga Leticia Córdova Méndez, por todo el amor, apoyo y consejos de sabiduría que me ayudaron a cumplir mis objetivos y llegar a ésta meta tan deseada.

### **MIS HERMANOS**

Mario Alejandro Ramírez Córdova y Erick Mauricio Ramírez Córdova, por el apoyo que me brindaron durante esta etapa de mi vida.

### **MI FAMILIA**

Por su apoyo moral e incondicional y a la vez, creer y confiar en mis capacidades de superación personal.

**LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, por ser la casa de estudios de mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XV</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXIX</b>
<b>1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes históricos de la empresa	1
1.2. Descripción de las actividades que se realizan en la empresa	2
1.3. Estructura organizacional	3
1.4. Visión y misión	6
1.5. Ubicación	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1 Base teórica del proyecto	9
2.1.1 Métodos de trabajo	9
2.1.2 Estudio de tiempos	9
2.1.3 Cronometración	10
2.1.3.1 Cronómetros digitales	10
2.1.3.2 Método de lectura con retroceso a cero	11
2.1.3.3 Método continuo de reloj	11
2.2 Descripción de procesos productivos	12

2.2.1	Proceso de trefilado	12
2.2.2	Proceso de galvanizado	13
2.2.3	Proceso de espigado	13
2.3	Tipos de productividad	14
2.3.1	Productividad real	15
2.3.2	Productividad teórica	15
2.4	Diagramas de proceso	15
2.5	Condiciones de trabajo	16
2.5.1	Manejo de materiales	16
2.5.2	Material	16
2.5.3	Personal	17
2.5.4	Insumos	18
2.6	Gases en la industria	18
2.6.1	Definición	19
2.6.2	Clasificación de los gases	20
2.6.3	Tipos de tratamientos	22
2.7	Costos	26
2.7.1	Definición	26
2.7.2	Clasificación	26
<b>3.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES DE ACEROS DE GUATEMALA S.A.</b>	<b>29</b>
3.1	Especificaciones de maquinaria a utilizar	30
3.1.1	Trefiladoras	31
3.1.2	Galvanizado	34
3.1.3	Espigado	36
3.2	Descripción de puestos	39
3.3	Tipos de calibre de alambre a procesar en planta.	41

3.4	Diagramas de flujo de proceso actual	43
3.4.1	Diagrama de flujo de proceso área de trefilado	43
3.4.2	Diagrama de flujo de proceso área de galvanizado	46
3.4.3	Diagrama de flujo de proceso área de espigado	49
3.5	Descripción de tiempos	52
3.5.1	Área de trefilado	52
3.5.2	Área de galvanizado	54
3.5.3	Área de espigado	56
3.6	Estudio de tiempos muertos	58
3.7	Cálculo de eficiencia	62
3.7.1	Área de trefilado	63
3.7.2	Área de galvanizado	67
3.7.3	Área de espigado	69
3.8	Layout actual de la planta	73
3.9	Enfermedades ocupacionales	74
<b>4.</b>	<b>MEJORA DE CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.</b>	<b>77</b>
4.1	Clasificación para el proceso de producción	77
4.2	Elaboración de formatos de toma de tiempos	78
4.3	Toma de tiempos	82
4.4	Suma de tiempos y quintalaje de producción	84
4.5	Análisis de recursos necesarios	98
4.5.1.	Cálculo de producción	98
4.5.1.1	Producción teórica	98
4.5.1.2	Producción real	106
4.5.1.3	Volumen de producción	110

4.6 Distribución de maquinaria	112
4.7 Resultados obtenidos de cada sección	114
4.7.1. Validación de tiempos en el área de trefilación	114
4.7.2. Validación de tiempos en el área de galvanizado	123
4.7.3. Validación de tiempos en el área de espigado	130
4.8 Medidas correctivas para los tiempos muertos	134
4.8.1. Área de trefilación	134
4.8.2. Área de galvanizado	135
4.8.3. Área de espigado	135
4.9 Resultado de eficiencias	136
4.9.1. Área de trefilación	136
4.9.2. Área de galvanizado	139
4.9.3. Área de espigado	141
4.10 Diagramas de flujo de proceso mejorado	143
4.10.1. Área de trefilación	143
4.10.2. Área de galvanizado	145
4.10.3. Área de espigado	147
4.11 Minimización de costos al mejorar el control de tiempos muertos en cada una de las áreas de estudio	149
4.11.1. Mano de obra	149
4.11.2. Insumos	153
<b>5. GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES EN EL ÁREA DE GALVANIZADO PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA S.A.</b>	<b>157</b>
5.1 Estudio del control y manejo de gases	157
5.1.1 Ventajas	158
5.1.2 Desventajas	158

5.1.3	Medios de control sin dispositivo	159
5.1.4	Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera	161
5.1.4.1	Clasificaciones de actividades	161
5.1.4.2	Frecuencia del manejo y control de gases en el área de trabajo	162
5.2	Identificación de las emisiones atmosféricas en el centro de trabajo	162
5.3	Emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV)	164
5.4	Volumen actual generado por la planta	165
5.4.1	Metodología a seguir para la intervención de emisiones atmosféricas	166
5.4.2	Medios de control con dispositivos	175
5.5	Costo de implementar la guía para el control y manejo de gases	183
5.5.1	Insumos	183
5.5.2	Recursos a utilizar	185
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>197</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>199</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>201</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>203</b>





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama de la empresa	05
2. Vista aérea de la ubicación de la empresa AGSA	07
3. Compuesto molecular de los gases	19
4. Diagrama de flujo de proceso actual en área de trefilación	45
5. Diagrama de flujo de proceso actual en área de galvanizado	48
6. Diagrama de flujo de proceso actual en área de espigado	51
7. Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de trefilación	54
8. Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de galvanizado	56
9. Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de espigado	57
10. Ecuación para el cálculo porcentual de eficiencia	63
11. Layout de la planta de clavo y alambres	74
12. Tacómetro (CMPS90) para toma de revoluciones	79
13. Cronómetros para toma de tiempos	79
14. Formato de toma de revoluciones para la sección de trefilación	80
15. Formato de toma de tiempos para la sección de trefilación	81
16. Pasos de máquina trefiladora que experimenta movimiento radial	83
17. Formato de toma de revoluciones para el área de espigado	93
18. Odómetro o interruptor de horario digital F67SR/11	93
19. Distribución de maquinaria	113

20. Lubricante HOLIFA utilizado en la sección de trefilado	116
21. Lubricante INDOL D67 C utilizado en la sección de trefilado	116
22. Máquinas embobinadoras en el área de galvanizado	129
23. Aumento de diámetro en poleas del motor para incrementar la capacidad productiva de la sección de espigado	133
24. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de trefilado	145
25. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de galvanizado	147
26. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de espigado	149
27. Pasos para la elaboración de una guía para el control de gases en el área de galvanizado	166
28. Incinerador termal	175
29. Absorbedores de carbón	177
30. Absorbedores	178
31. Condensadores	179
32. Precipitadores electrostáticos	180
33. Filtros	181
34. Cámara de sedimentación	182
35. Ciclones	183
36. Materia prima – alambrón	205
37. Devanador – trefilación	205
38. Decapador mecánico	205
39. Caja de dados	205
40. Dados de tungsteno	205
41. Canastas – trefilación	206
42. Paso de máquina trefiladora	206
43. Tabletas de zinc	207

44. Canastas – galvanización	207
45. Horno de recocido	207
46. Tanque de enfriamiento	207
47. Canoa de ácido clorhídrico	208
48. Tanque de amonio	208
49. Cama de calor	208
50. Horno de zinc	208
51. Máquina devanadora 1	208
52. Máquina devanadora 2	209
53. Rollo de alambre espigado	210
54. Volante de máquina de espigado	210
55. Máquina de espigado	210
56. Canastas – espigado	210
57. Rollo alambre espigado AG-400	210
58. Rollo alambre espigado TORO	210
59. Utilización de lubricante prueba en caja de dados	213
60. Lubricante INDOL D67C	213
61. Lubricación en el proceso de trefilado	213
62. Gráfico de análisis de consumo de dados para trefilar	213
63. Arreglo de motor y cambio de fajas en máquina IOWA	215
64. Cambio de poleas en motor de máquina IOWA	215
65. Ecuaciones utilizadas para cálculo de salarios	219
66. Cálculo para obtención de relación de poleas	219
67. Especificaciones técnicas del producto a fabricar en la planta de clavo y alambres	220
68. Especificaciones y normas para los procesos productivos realizados en la planta de clavo y alambres	221
69. Carta sobre proveedores de lubricantes en seco para la sección de trefilación	222

70. Formato para el control de tiempos muertos en sección de trefilado	223
71. Muestra de control de tiempos muertos en sección de trefilado	225
72. Formato de control de tiempos muertos en sección de espigado	226
73. Muestra de control de tiempos muertos en sección de espigado	227
74. Formato estándar a utilizar para el control de toma de tiempos en el área de trefilación y espigado	228
75. Ficha de control de actividades para la solución sistemática de problemas	229
76. Formato de toma de revoluciones en sección de espigado	230
77. Muestra de toma de revoluciones en sección de espigado	231
78. Muestra de ingreso de valores en formato de producción AGSA	232
79. Uso y aplicación de un sistema de tiro inducido	234
80. Identificación de riesgos por agentes químicos	237
81. Modelo de etiqueta para identificación de químicos	238
82. Guía de inspección para la identificación de riesgos químicos	239
83. Identificación de situación de riesgo	241
84. Identificación de sustancias peligrosas	242
85. Ficha de seguimiento	243
86. Identificación de riesgo	244
87. Cotización de equipo purificador por condensación	245
88. Cotización de equipo purificador por condensación tipo Venturi	247
89. Diseño de nueva canoa para el control de gases en el área de galvanizado	250
90. Exceso de óxido en alambón	254
91. Mala calidad de la materia prima	254
92. Defectos por mal manejo de materia prima	254
93. Viruta por mal acabado del dado	254
94. Dados quebrados por materia prima defectuosa	254

## TABLAS

I.	Factores a tomar en cuenta referente al personal	17
II.	Clasificación de los gases según su peligrosidad	21
III.	Cuadro de técnicas de reducción de volúmen por el tipo de proceso	24
IV.	Cuadro de técnicas de reducción de volumen, según la actividad industrial	25
V.	Especificaciones de maquinaria en el área de trefilación	33
VI.	Especificaciones de maquinaria en el área de galvanizado	34
VII.	Revoluciones de trabajo en el área de galvanizado	35
VIII.	Especificaciones de maquinaria para el área de espigado	36
IX.	Revoluciones de trabajo en el área de espigado	38
X.	Tipos de calibre según el área de trabajo	42
XI.	Radio y áreas de alambre trefilado, según el calibre a trabajar	63
XII.	Porcentaje de eficiencia actual en el área de trefilado	65
XIII.	Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de trefilación, catalogados como tiempos muertos	66
XIV.	Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de galvanizado, catalogados como tiempos muertos	68
XV.	Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de espigado, catalogados como tiempos muertos	72
XVI.	Enfermedades adquiridas por exposiciones prolongadas	75
XVII.	Toma de revoluciones en el área de trefilación por máquina	87
XVIII.	Toma de tiempos y quintalaje de producción en el área de trefilación por máquina	89
XIX.	Toma de revoluciones en área de espigado, según estación	

	de trabajo	95
XX.	Toma de tiempos y capacidad productiva en área de espigado, según estación de trabajo	97
XXI.	Capacidad teórica productiva diaria en área de trefilación	103
XXII.	Capacidad teórica productiva diaria para el área de espigado	106
XXIII.	Producción real para el área de trefilación	108
XXIV.	Producción real para el área de espigado	109
XXV.	Volúmen de producción para el área de trefilación	110
XXVI.	Volúmen de producción para el área de espigado	111
XXVII.	Volúmen de producción para el área de galvanizado	112
XXVIII.	Lubricantes utilizados en análisis de rendimiento	117
XXIX.	Producción real generada para la sección de trefilación utilizando lubricante HOLIFA	119
XXX.	Consumo de dados utilizando lubricante HOLIFA	120
XXXI.	Producción generada por la sección de trefilación utilizando lubricante INDOL D67C	122
XXXII.	Consumo de dados utilizando lubricante INDOL D67 C	123
XXXIII.	Producción teórica para el área de galvanizado	128
XXXIV.	Validación de tiempos en el área de galvanizado	129
XXXV.	Análisis de relación de poleas en el área de espigado	130
XXXVI.	Validación de toma de tiempos en el área de espigado, según estación de trabajo	131
XXXVII.	Capacidad productiva después de la implementación de mejoras	132
XXXVIII.	Comparación de la capacidad productiva antes y después de la implementación de mejoras	133
XXXIX.	Eficiencia percibida por la utilización de nuevos lubricantes	138
XL.	Porcentaje de eficiencia en el área de galvanizado	141
XLI.	Aumento de producción al realizar cambio de poleas	

	en motores de máquinas de espigado	143
XLII.	Costo de mano de obra para el área de trefilado	152
XLIII.	Costo de mano de obra para el área de espigado	154
XLIV.	Consumo y ahorro percibido al utilizar nuevo lubricante	156
XLV.	Clasificación de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera	161
XLVI.	Frecuencia con la que deben realizarse las inspecciones, según el grupo de actividades de la empresa	162
XLVII.	Puntos críticos en el área de galvanizado según el tipo de emisión generada	166
XLVIII.	Costos de insumos para elaboración de guía para el control de gases en el área de galvanizado	184
XLIX.	Otros costos requeridos en la elaboración de la guía para el control de gases en el área de galvanizado	184
L.	Comparación de costos entre depurador por condesación y depurador tipo venturi	194





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Unidad de potencia
°C	Grados centígrados
°K	Grados kelvin
°F	Grados Fahrenheit
kPa	Kilopascales
RPM	Revoluciones por minuto
MaP	Materia prima particulada
MP	Materia prima
mm	Milímetros
m	Metros
m/s	Metros por segundo
qq	Quintales
$\mu m$	Micras
TR	Codificación de máquina trefiladora
IOWA	Codificación de máquina de espigado
qq / min	Quintales por minuto
Q.	Quetzales
\$	Dólares
Mw	Mega watts
Tm	Tonelada métrica
hrs	Horas
min	Minutos



## GLOSARIO

<b>Ácido clorhídrico</b>	Químico utilizado en el área de galvanizado para limpieza de metal.
<b>AG-400</b>	Denominación que recibe el rollo de alambre espigado, el cual utiliza 1 solo tipo de calibre en el proceso; calibre 15 para la púa e hilos.
<b>Alambrón</b>	Materia prima utilizada en el área de trefilación.
<b>Amonio</b>	Químico utilizado en el área de galvanizado que sirve para remover suciedad de agua y ácido.
<b>Bóveda</b>	Nombre con que se conoce al horno de zinc.
<b>Caja de dados</b>	Recipiente contenedor de dados y lubricante.
<b>Canasta</b>	Recipiente donde se coloca el alambre trefilado.
<b>Canoa de ácido clorhídrico</b>	Recipiente que contiene ácido

clorhídrico a una concentración del 18%, donde el alambre se sumerge y es limpiado de toda impureza o suciedad que se encuentre adherido al alambre.

**Cooper**

Sistema que poseen algunas máquinas especiales para el control de gases.

**COV's**

Compuestos orgánicos volátiles.

**Cuello de botella**

Punto crítico en el proceso productivo de la planta, que ocasiona retraso en el cumplimiento de metas productivas.

**Dadero**

Persona encargada de darle el diámetro adecuado al dado, dependiendo del tipo de calibre a trefilar.

**Dead block**

Último paso de la máquina trefiladora encargado de dar la última reducción al alambre.

**Decapador mecánico**

Equipo que contiene una serie de rodillos, por los cuales pasa el alambren y se encargan de remover el óxido que éste lleve.

<b>Devanador</b>	Estructura metálica que soporta los rollos de alambón que se encuentra al inicio del proceso.
<b>Dosificación</b>	Colocar cantidad adecuada de químico y/o material.
<b>Espigado</b>	Proceso de elaborar el alambre de púas.
<b>Factibilidad</b>	Concepto utilizado para indicar si un proyecto resultaría de beneficio para la empresa, tomando como base el costo de inversión.
<b>Filtración por gravedad</b>	Función que realizan algunos equipos para el control de gases que contengan partículas, éstos filtran el gas y por acción de gravedad separan los sólidos que el gas conlleve.
<b>Focos fijos</b>	Puntos críticos en donde el gas puede ser controlado por equipos especiales.
<b>Galvanización</b>	Área donde se elabora el proceso de galvanizado.
<b>Galvanizar</b>	Proceso de calentamiento, cambio de

propiedades mecánicas y recubrimiento de zinc en el alambre.

**Gases particulados**

Son todas aquellas emisiones de gases donde hay presencia de partículas ultrafinas, al momento de un análisis químico especializado.

**Gases no particulados**

Son todas aquellas emisiones de gases donde no hay presencia de partículas ultrafinas, al momento de un análisis químico especializado.

**Golpes secos**

Movimientos periódicos de la tolva contenedora de vapor a fin de remover partículas ultra finas que poseen algunos sistemas.

**Hilo**

Concepto utilizado al referirse a una porción de alambre, independientemente del calibre.

**Horno de galvanizado**

Equipo utilizado en la sección de galvanizado, que posee una temperatura de aproximadamente 900 °C que contiene zinc en su estado líquido, en el cual el alambre es sumergido.

**Horno de recocido**

Equipo utilizado en el proceso de galvanización de alambre, que trabaja a una temperatura de 1250 °C, y calienta el alambre, a fin de hacerlo más dúctil, previo a su paso por un baño de agua fría.

**Holifa**

Nombre de un tipo de lubricante en seco de origen venezolano.

**INDOL D67 C**

Nombre de un tipo de lubricante en seco de origen colombiano.

**IOWA-01**

Codificación que poseen las máquinas del área de espigado, donde IOWA hace referencia al código de la máquina y 01 al número de máquina que corresponde.

**Incidencia**

Acción de influir en un resultado o acción.

**Lubricante en seco**

Una división de los lubricantes, que posee una apariencia de polvo granulado, el cual ayuda al alargue de la vida útil del dado.

**Manipulación**

Manejo adecuado de sustancias químicas y materia prima a utilizar en



los procesos productivos.

**Máquina rectificadora de dados** Equipo utilizado en la sección de trefilado que se encarga de pulir y rectificar los dados que han sido utilizados y por ende han perdido su diámetro original.

**Máquina trefiladora** Equipo encargado de elaborar el proceso de trefilado.

**Medios de control con dispositivo** Equipos utilizados para el control de gases en industrias que afecten la salud de trabajador y medio ambiente.

**Medios de control sin dispositivos** Concepto que se refiere a no utilizar maquinaria especial para el control de gases.

**Odómetros** Equipo encargado de monitorear el tiempo efectivo de funcionamiento de la maquinaria.

**Pulido** Proceso que se realiza para darle una apariencia de brillo a la pastilla de tungsteno, después de haber sido rectificadas. El objetivo de eliminar toda rugosidad en el interior de la pastilla, logrando mantener la vida útil de la

misma y evitar imperfecciones en el alambre.

**Rectificar**

Proceso por el cual la máquina rectificadora de dados aumenta el diámetro de reducción del dado, para ser utilizado posteriormente en la máquina.

**Rodillos decapadores**

Parte del decapador mecánico que realiza la función de desprender toda capa de óxido que el alambón contenga por exposición al agua y aire.

**Tanque de agua**

Equipo utilizado en el proceso de galvanizado, necesario para enfriar el alambre y poder cambiar sus propiedades mecánicas. También es utilizado para la limpieza del alambre y remoción del ácido clorhídrico.

**TORO**

Denominación que recibe el rollo de alambre espigado, el cual utiliza 2 tipos de calibre en el proceso; calibre 14 para la púa y calibre 15 para el hilos.

**TR-01**

Codificación que poseen las máquinas

del área de trefilado, donde TR hace referencia a máquina trefiladora y 01 al número de máquina que corresponde.

**Trabajo en frío**

Concepto que se utiliza para referirse a un aumento de temperatura menor a los 300 °C, que experimenta el alambre al momento de su reducción.

**Trefilación**

Área donde se realiza el proceso de alambre trefilado.

**Trefilar**

Acción de disminuir el diámetro del alambre secuencialmente, hasta obtener la reducción requerida.

## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación elaborado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la empresa de Aceros de Guatemala, S.A. se da a conocer un total de cinco capítulos, los cuales tienen por objeto la mejora de tiempos muertos y propuesta de una guía para el control de gases en el área de galvanizado, a fin de poder satisfacer las necesidades de la misma haciendo uso de las herramientas más importantes aprendidas en el trayecto de la carrera de Ingeniería Industrial.

En el capítulo uno se encuentran todas las generalidades y datos importantes de la empresa, en el capítulo dos se da a conocer toda la información referente al marco teórico el cual servirá como punto de inicio y base principal en la aplicación del proyecto en cuestión, logrando con ello determinar en el capítulo tres la situación actual de la empresa, donde se presenta un breve análisis referente a las condiciones de trabajo, que a la vez perjudican la situación productiva de la planta de clavo y alambres.

En los capítulos cuatro y cinco se presenta la realización del trabajo de graduación el cual comprende información sobre las propuestas y/o alternativas referentes al control y mejora de tiempos muertos; así como la creación de una guía para el control de gases en el área de galvanizado. En la sección de anexos se presentan algunas fotografías, formatos y documentación debidamente identificados, sobre las mejoras implementadas y logros alcanzados como parte de la culminación y finalización durante el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado EPS.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

- Mejorar y controlar los tiempos muertos de la maquinaria para poder incrementar la eficiencia en la productividad dentro de la planta de clavo y alambres, para el área de trefilado, galvanizado y espigado.

### **Específicos:**

1. Generar un ahorro considerable en la planta de clavo y alambre, respecto a insumos y costo de materia prima, utilizados en el área de trefilado y espigado.
2. Establecer bitácoras de maquinaria, que brinden información sobre los porcentajes de eficiencia y capacidades desarrolladas en el área de trefilado y espigado.
3. Brindar a la planta de clavo y alambre alternativas eficientes que ayuden a controlar e incrementar la productividad dentro de la misma.
4. Identificar las condiciones críticas que afecten el proceso y elaboración de cada uno de los productos en el área de trefilado y espigado.
5. Elaborar un estudio para la creación de una guía referente al control y manejo de gases en el área de galvanizado.
6. Documentar los formatos necesarios para el estudio y toma de tiempos dentro de la planta, para hacer uso de los mismos en el momento que se requiera.



## INTRODUCCIÓN

Como se sabe, el estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que todas las industrias, ya sea pequeñas, medianas o grandes empresas deben de hacer uso de la misma; esto con el objetivo de poder llevar un control más eficiente en cada uno de los procesos productivos que contenga cada industria e identificar posibles causas que provoque un problema y a la vez plantear posibles soluciones, independientemente del tipo de producto o servicio que se preste.

La planta piloto que ha sido objeto de estudio y de aplicación de las mejoras y logros durante el Ejercicio Profesional Supervisado EPS, ha sido *LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES* de la empresa de ACEROS DE GUATEMALA, S.A., la cual se dedica a la elaboración de una amplia gama de productos derivados del metal y para ello se hace indispensable contar con una herramienta tan importante como lo es el estudio de tiempos y movimientos, ya que a partir de la misma se conocen las ventajas y desventajas, logrando así atacar estratégicamente los puntos críticos que perjudiquen el proceso productivo.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que ayuda a cualquier industria a controlar y mejorar tiempos muertos que provoquen en ciertos momentos paros de producción y en base a dicho estudio poder determinar un sin fin de aspectos a tomar en cuenta como son: *la producción teórica*, que una vez determinada puede ser comparada con *la producción real*, y a partir de ambos conceptos determinar *porcentajes de eficiencia, paros no programados, tiempos de actividad de maquinaria, etc.*



La planta mencionada anteriormente cuenta con tres áreas productivas muy importantes las cuales a través del tiempo se han convertido en un pilar para la empresa de Aceros de Guatemala, S.A. (AGSA), siendo dichas áreas: el área de trefilación, espigado y galvanizado.

Debido al tipo de proceso que se realiza en el área de galvanizado, dicho trabajo le brinda a la empresa una guía para el control de gases, la cual consiste como su nombre lo indica en conseguir la manera más ideal, referente al control de gases que dentro de dicha área se producen. Esta guía persigue la minimización de riesgos de contaminación tanto para la atmósfera como para el trabajador dentro de la planta de galvanizado.

## **1. EMPRESA**

### **1.1. Antecedentes históricos de Aceros de Guatemala, S.A.**

Aceros de Guatemala, S.A., forma parte de una corporación de empresas dedicada a la fabricación de productos derivados del metal hierro. Fue fundada en el año 1963 e inició sus operaciones con máquinas para hacer clavo para madera.

A finales de los años sesenta adquirió una línea de producción para la realización de lámina galvanizada, maquinaria para la producción de varilla de acero para refuerzo de hormigón armado y maquinaria para la trefilación de alambre. A finales de los años setentas y a causa del terremoto del año 1976, los productos como varilla para la construcción, clavo y lámina galvanizada fueron de mucha demanda, con lo cual Aceros de Guatemala pudo establecer un punto de partida para el crecimiento organizacional; adquiriendo una línea de producción para la varilla de la construcción y perfiles industriales, construyeron otra línea de producción de lámina galvanizada y así mismo la compra de maquinaria para los productos de trefilado, colocándola como una de las empresas más fuertes en productos derivados del hierro.

Hasta la fecha, Aceros de Guatemala, S.A. ofrece productos como varilla para la construcción, perfiles industriales, lámina galvanizada y productos derivados de la trefilación de alambre como clavo para madera o para lámina, alambre de amarre y alambre espigado, los cuales son reconocidos en toda Guatemala y Centroamérica como productos de calidad, confianza y de durabilidad.

## 1.2. Descripción de las actividades que se realizan en la empresa

**ACEROS DE GUATEMALA, S.A.** cuenta con un total de 3 plantas necesarias para la producción y crecimiento de la misma dentro del mercado demandante:

*Planta de barras:* se encarga de la producción de varilla para la construcción; la cual se realiza por medio de lingotes de hierro de bajo carbono y laminación en caliente, el proceso empieza por medio de los hornos de calentamiento que se encargan de elevar el lingote a temperaturas de deformación, con el cual por medio de desbaste se logra alargar y darle forma a la varilla de construcción, dándole por último el acabado y longitud deseada según la norma ASTM de calidad dependiendo del tipo de producto a elaborar.

*Planta de perfiles:* se encarga de la producción de perfiles industriales, al igual que la planta de barra el proceso es de laminación en caliente, teniendo únicamente variantes en los tipos de desbaste que le dan la forma de angulares (formando 90° entre ambas hojas), hembra y varillas para la construcción en cada una de sus presentaciones.

*Planta de trefilado:* es la encargada de la producción de alambre trefilado, el cual es utilizado como subproducto para la elaboración de alambre de amarre, alambre espigado, clavo para madera y clavo para lámina, el proceso de trefilado es resultado de un trabajo en frío, la materia prima es deformada por esfuerzo mecánico por medio de máquinas trefiladoras con un alto torque, estirando el alambre hasta los diámetros y calibres deseados para la elaboración del producto. Cuenta actualmente con un total de 6 máquinas manuales y una máquina del tipo computarizado para cumplir con las demandas del mercado.

Los productos son trasladados diariamente a las bodegas respectivas de cada planta, donde son distribuidas a los centros de ventas de la corporación, que están ubicadas estratégicamente en toda la región del país.

Actualmente, AGSA exporta productos como alambre para amarre, alambre espigado, lámina galvanizada y varilla para la construcción, únicamente por pedidos al mercado centroamericano a países como Honduras, Nicaragua, Costa Rica y El Salvador.

### **1.3. Estructura organizacional**

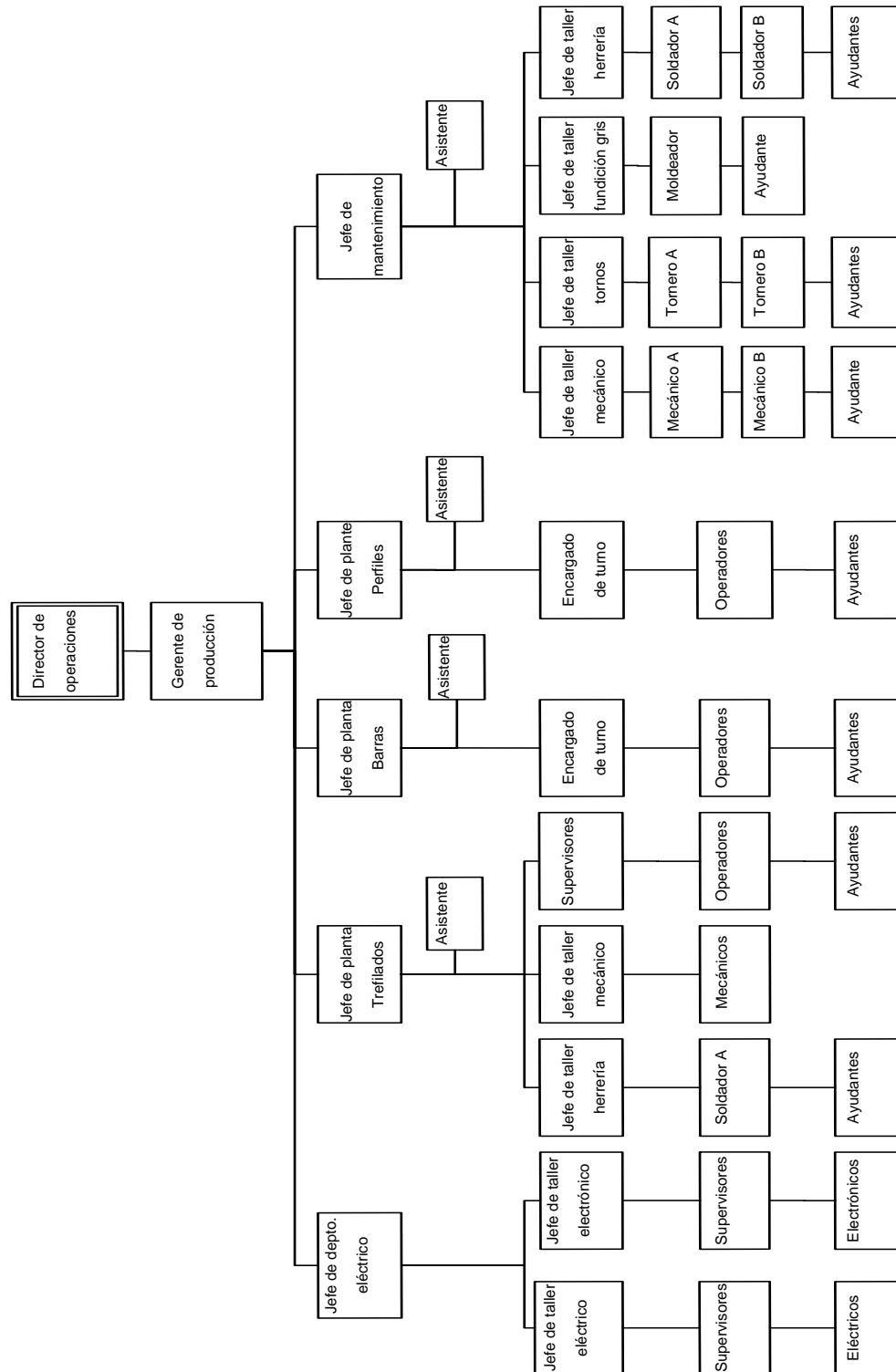
La estructura organizacional se encarga de distribuir y ordenar cada una de las partes de un todo, delimitando y delegando tareas a los responsables de realizar diversas actividades que conllevan al beneficio de una organización de una forma escalonada y ordenada, logrando con ello mantener un equilibrio y control organizacional.

La coordinación de las actividades y necesidades de una empresa deben de estar constituidas por reglas y estatutos que determinen quienes tienen la responsabilidad de decidir y cumplir de la mejor forma funciones para beneficio común de una organización, esto se logrará por medio de una estructura organizacional que indique la autoridad y responsabilidad que tiene cada puesto de trabajo en una organización.

Aceros de Guatemala, S.A. cuenta con una estructura organizacional de departamentalización funcional (*ver figura 1, página 5*) que le permite establecer las jerarquías, toma de decisiones y experiencias laborales que benefician a la dirección de la organización, existe un departamento específico para

producción, ventas, control de calidad y administración que le permiten centralizar las tomas de decisiones, lamentablemente por este tipo de estructura la comunicación entre departamentos y área de trabajo es escasa y algunas veces se crean conflictos que perjudican tanto interna como externamente a la empresa.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

#### **1.4. Visión y misión**

**Visión de la empresa:** obtener el liderazgo total en Guatemala y Centroamérica, en sus líneas de productos y lograr una participación importante en mercados del sur de México, el Caribe, Norte y Sudamérica. Surtir desde un moderno parque industrial en Escuintla y otras instalaciones usando la más alta tecnología disponible, los productos básicos de acero y nuevos productos afines y verticalmente integrados por medio de una red de distribución amplia y ágil que abarca todos los mercados abarcados a lo largo del tiempo. Tener una empresa altamente profesional, rentable y respetada que fortalece su competitividad por medio de alianzas estratégicas con las empresas más dinámicas y prestigiosas del sector.

**Misión de la empresa:** dedicarse a la investigación, compra, producción y distribución de productos básicos de acero y productos afines para la construcción, en Centroamérica, el Sur de México y Panamá con miras a la expansión hacia América del Sur, México, el Caribe y los Estados Unidos.

#### **1.5. Ubicación de la empresa**

La planta de Aceros de Guatemala S.A., se encuentra ubicada en la 33 calle 24 - 65 zona 12 de la ciudad capital de Guatemala.

En la figura 2 de la página 7 puede apreciarse una vista aérea de la ubicación de la empresa de Aceros de Guatemala, S.A., la cual se encierra dentro de un círculo.

Figura 2. **Vista aérea de la ubicación de la empresa de Aceros de Guatemala, S.A.**



Fuente: [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)





## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Base teórica del proyecto**

Como base fundamental en el desarrollo de dicho trabajo, a continuación se presentan los temas principales teóricos que serán el punto de partida para dicho proyecto.

#### **2.1.1. Métodos de trabajo**

Los métodos de trabajo son aquellas técnicas que ayudan a poder aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de factores como distancia, tiempo, esfuerzo, etc.; además, en el proceso de elaboración y puesta en marcha de este proyecto se busca hacer más fácil cada una de las tareas. Los métodos que ayudarán a buscar un punto de partida serán básicamente dos:

- Lecturas de toma de revoluciones utilizando la herramienta adecuada para cada una de las áreas de estudio, siempre y cuando dicha herramienta tenga lugar de aplicación.
- Cronometración para determinar aspectos productivos tanto actuales como propuestos, así como el análisis de los tiempos muertos existentes para cada área.

#### **2.1.2. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una herramienta importante a utilizar para cada una de las áreas de estudio, debido a que en el momento de hacer uso de ésta

fuerza de apoyo podemos determinar un sin fin de factores que no pueden percibirse por simple inspección visual, así mismo determinar factores internos como externos que puedan afectar el funcionamiento eficaz de dichas áreas y sobre todo incrementar la productividad dentro de las mismas, ayudando a generar ganancia y beneficio no solo al operador, sino de igual forma a la empresa como tal. Es por ello que debido a la complejidad que tenga el proceso productivo se debe de realizar un estudio de tiempos y movimientos.

Para un buen control y procedimiento de toma de tiempos se debe de contar con el recurso necesario el cual ayudará a ser más eficaz dicho procedimiento. Dentro de los recursos a utilizar se debe contar con cronómetros, hojas que posean unos formatos establecidos o creados para la tarea, destinados específicamente al área en estudio, entre otros.

### **2.1.3. Cronometración**

La cronometración es una serie de pasos a seguir por parte del analista de estudio de tiempos y movimiento a fin de obtener un objetivo deseado, siendo dicho objetivo en el mayor de los casos determinar condiciones favorables y/o desfavorables que sirvan de punto de partida para el incremento de la productividad, así como la reducción de tiempos muertos dentro de una planta industrial, haciendo uso de las herramientas y métodos necesarios, entre los que se pueden mencionar:

#### **2.1.3.1. Cronómetros digitales**

Los cronómetros digitales es la herramienta más importante para cualquier estudio de tiempos y movimientos, éstos poseen un número finito de memorias

que le proporciona al operador un trabajo mas fácil y eficiente al momento de la toma de tiempos.

Existen dos métodos muy importantes a tratar y a analizar cuál de éstos ayudará de la mejor forma; estos métodos se explican a continuación.

### **2.1.3.2. Método de lectura con retroceso a cero**

Éste método posee ventajas como desventajas, ya que una vez se ha tomado el tiempo de una operación, el cronómetro debe de iniciarse en cero para poder tomar una nueva prueba de tiempo. Es un método muy flexible ya que al decir que comienza de cero nos da el parámetro para poder determinar sí estamos o no tomando bien las lecturas y talvez la desventaja más importante es que no se pueden tomar ciertas muestras de tiempo simultáneamente como en el otro método.

### **2.1.3.3. Método continuo de reloj**

Al igual que el método anterior, posee sus ventajas y desventajas. La ventaja más importante es que el reloj comienza a funcionar y hasta que el proceso termina puede visualizarse el tiempo total de la operación aunque, durante el proceso existieran interrupciones de cualquier tipo, pero la desventaja más grande es que no es flexible y se necesita de mucha práctica para poder tomar las lecturas.

Pero como se ha mencionado, los cronómetros hoy día le permiten al usuario poner en marcha el reloj y tomar cierto número de lecturas independientes de la lectura original y al finalizar el estudio poder visualizar cada uno de los tiempos guardados en la memoria del cronómetro, así como el

tiempo total que viene a ser la suma de todas las lecturas tomadas durante el proceso.

## **2.2. Descripción de procesos productivos**

La descripción de los procesos productivos es de suma importancia, ya que éstos ayudan a determinar posibles cuellos de botella y de igual manera brindar una idea del trabajo que se realiza en cada empresa o sección a analizar; ya sea que se dedique al aspecto productivo o de servicios.

### **2.2.1. Proceso de trefilado**

El proceso de trefilación es aquel en el cual la materia prima es transformada por maquinaria especial en otro tipo de materia prima, en otras palabras, en un subproducto de la materia prima, la cual es destinada para el área de clavo a fin de cumplir con la demanda del consumidor según el calibre y especificaciones requeridas, para el área de galvanizado, del cual es posteriormente utilizada en el área de espigado, así mismo para la producción de alambre de amarre.

Para que dicho proceso sea eficaz y de la más alta calidad se debe de contar con la maquinaria adecuada, ésta maquinaria posee un conjunto de bobinas que a su vez contienen unas cajas denominadas “cajas de dados” las cuales poseen en su interior unas pastillas de tungsteno o “dados” que se encargan de darle la reducción al alambón hasta el calibre requerido.

### **2.2.2. Proceso de galvanizado**

El proceso de galvanizado es aquel en el cual el producto trefilado es sometido a ciertos procesos, tanto mecánicos como químicos los cuales producen cambios en las características del metal valiéndose de insumos necesarios los cuales le darán el terminado adecuado y necesario de calidad, logrando con ello, ser utilizado en el área de espigado.

En dicho proceso intervienen un cierto número de insumos de manufactura como lo son: hornos que trabajan a temperaturas aproximadas de entre 700 y 950 grados centígrados, tabletas de zinc (*ver anexo A, figura 43 de la página 207*) que son utilizadas para brindarle al metal una apariencia de brillo, agua que junto con el calor hacen que el metal adquiera otro grupo de propiedades mecánicas, ácido clorhídrico que funcionan como limpiador de todo tipo de escoria o suciedad que el alambre conlleve en sí, entre otros.

### **2.2.3. Proceso de espigado**

Proceso en el cual se elabora el alambre conocido como “alambre de púas” o alambre espigado, el cual debe de cumplir con las normas de calidad ASTM, para su posterior despacho al consumidor. La sección de espigado procesa alambre galvanizado calibre 15 y calibre 14, según el producto final que se demande.

Si el producto demandado fuese el alambre espigado AG-400, para dicho proceso se requiere como materia prima solamente alambre galvanizado calibre 15, del cual la maquinaria a utilizar es capaz de elaborar tanto la púa como el hilo, que le dan forma a un rollo que resulta ser un producto semi-terminado, ya que luego se empaca y se almacena en la bodega como un producto terminado.

En caso contrario, si el producto demandado fuese el alambre espigado TORO, para dicho proceso se requiere como materia prima alambre galvanizado calibre 15 y calibre 14, donde la maquinaria a utilizar tiene la capacidad de elaborar la púa de calibre 14 y para el hilo utilizar el calibre 15, que en similitud al proceso del alambre espigado AG-400 le dan forma a un rollo que viene a ser el resultado de un producto semi-terminado, para luego ser empacado y almacenado en la bodega como un producto terminado.

Cabe mencionar que entre más pequeño sea el calibre a utilizar, más duro y resistente es el alambre. Caso contrario sucede con los calibres de número mayor. Por ejemplo: el motivo por el cual el alambre espigado TORO utiliza calibre 14 en la púa, se debe a que es más resistente y por consiguiente sus propiedades de dureza son más altas; por otro lado se utiliza calibre 15 en el hilo por ser más suave, lo cual facilita el trabajo en la maquinaria al momento del formado de rollo.

La maquinaria que se utiliza para éste tipo de proceso es maquinaria que posee una potencia de entre 50 y 80 caballos de fuerza (HP), lo que hace que dicha maquinaria cuente con su propio normativo de seguridad.

### **2.3. Tipos de productividad**

Dentro de la planta de clavo y alambres se manejan dos conceptos referentes a productividad, los cuales se mencionan a continuación:

### **2.3.1. Productividad real**

La productividad real es aquella que la empresa posee o realiza bajo las condiciones reales de la empresa, tomando en cuenta desperfectos mecánicos así como todo aquello que interrumpa el proceso productivo. Cuando se habla de producción real definitivamente ésta será menor a la producción teórica (al referirnos a volúmen) y se debe hacer uso de otro tipo de herramientas para poder determinar esos factores o condiciones que afecten la productividad y poder dar a conocer posibles mejoras que ayuden a que ambos tipos de productividad, siendo éstos iguales o en caso contrario semejantes.

### **2.3.2. Productividad teórica**

La productividad teórica es aquella productividad que es determinada haciendo uso de herramientas matemáticas y administrativas, para poder conocer cuánto debería producir una empresa en cada una de sus áreas productivas, bajo condiciones ideales de trabajo.

## **2.4. Diagramas de proceso**

Los diagramas de proceso serán otro tipo de herramienta con la cual se puede determinar la ubicación de la maquinaria y sus posibles problemas respecto a logística y condiciones de trabajo en las áreas de estudio. Dichos diagramas podrán a su vez brindar información sobre aspectos que sean de beneficio ó que perjudiquen a la empresa y poder determinar el porcentaje en que afecta a la productividad, al operador, a la maquinaria, entre otros.

Dentro del uso de éstos diagramas se puede mencionar los diagramas de flujo de proceso, diagramas causa - efecto, y los organigramas, que tienen gran



importancia dentro de cualquier empresa, ya que de éstos surge el punto de partida para identificar operaciones críticas de los procesos y así mismo conocer los distintos niveles jerárquicos dentro de la empresa.

## **2.5. Condiciones de trabajo**

Para poder contar con un ambiente adecuado, las condiciones de trabajo deben de ser continuamente mejoradas para que la planta esté limpia, saludable y segura, pues éstas afectan al operador. Al hablar de condiciones de trabajo se debe hacer mención que dichas condiciones deben reducir el riesgo en el trabajo, mejora en la temperatura, ventilación y con ello poder reducir la fatiga al operador proporcionándole la comodidad adecuada.

### **2.5.1. Manejo de materiales**

El manejo de materiales es otro factor importante debido a que, aunque la carga sea grande o pequeña, sea trasladada una distancia larga o corta; se debe buscar la forma de hacer más eficiente dicho tipo de manejo. Por lo tanto, hay que recordar que el producto menos manejado es aquel que reduce el costo de producción y por lo tanto se debe reducir el tiempo y gasto de materiales, manejo de material con mayor cuidado, reducir el manejo manual a través del equipo mecánico, etc.

### **2.5.2. Material**

Los materiales dentro de las industrias forman parte importante dentro de toda actividad productiva independientemente si se trata de una empresa que se dedique a generar un bien y/o servicio. Existen diferentes tipos de

materiales, entre los cuales se encuentran plásticos y toda la infinita gama de metales existentes.

Entre algunos de los materiales utilizados comúnmente están:

- Acero
- Cobre
- Aluminio
- Zinc
- Austerita
- Amonio
- Ácido Clorhídrico, entre otros.

### **2.5.3. Personal**

Las condiciones óptimas de trabajo ayudan en gran parte y son de mucha importancia en lo referente al personal que existe, no solo en AGSA sino que en cualquier otro tipo de industria. Cuando se trata de personal, se hace mención a un sin número de factores importantes, los cuales se muestran en la tabla I:

Tabla I. **Factores a tomar en cuenta referente al personal**

<b>Habilidad</b>
• Regular
• Promedio
• Buena
• Excelente
<b>Esfuerzo</b>

• Deficiente
• Regular
• Promedio
• Bueno
• Excelente
• Excesivo

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

#### **2.5.4. Insumos**

Los insumos utilizados en la planta de clavo y alambres ayudan durante el proceso productivo. Los insumos forman parte importantes en la industria, ya que si no existieran insumos junto con la materia prima, no existirían las industrias. El uso de un buen insumo implica que se tendrá como producto final un bien de calidad en todos sus aspectos desde el producto en sí hasta el empaque a utilizar.

Al referirse a insumos, se deben tocar temas importantes tales como calidad, cantidad y facilidad; cada uno de estos factores mencionados anteriormente dependen uno del otro, ya que sino existe calidad no podrá haber una cantidad de producción y por ende la facilidad de acceso y costo por parte del consumidor no será la adecuada y por lo tanto puede decirse que no existe la suficiente demanda del mercado.

#### **2.6. Gases en la industria**

Toda industria como se mencionó en párrafos anteriores, sea grande, mediana o pequeña; dependiendo del tipo de actividad industrial a la que se

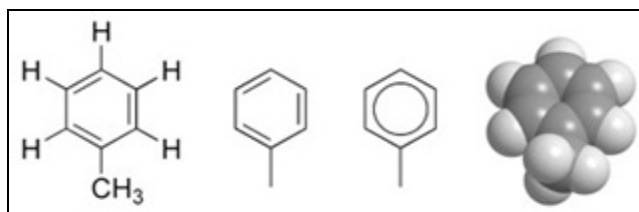
dedique generan emanaciones de gases, los cuales en su mayoría afectan a las personas y al ambiente en primer plano, tanto fuera como dentro de la industria.

Es por ello que se deben conocer algunos conceptos importantes, los cuales se detallan en los apartados siguientes:

### 2.6.1. Definición

Los compuestos orgánicos son sustancias químicas y se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), se convierten fácilmente en vapores o gases (ver figura 3). Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Los COV son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, reacciones químicas, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes, pinturas, pegantes y otros productos empleados y almacenados en la casa y el lugar de trabajo.

Figura 3. **Compuesto molecular de los gases**



Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

Algunos ejemplos de **compuestos orgánicos volátiles** son:

Naturales: isopreno, pineno y limoneno

Artificiales: benceno, tolueno, nitrobenceno

"Un compuesto orgánico volátil es todo compuesto orgánico que tenga a 293,15 °K una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso"

El término COV agrupa a una gran cantidad de tipos de compuestos químicos, entre los que se incluyen los hidrocarburos, los aromáticos y los hidrocarburos clorados; acetonas, éteres, ácidos y alcoholes.

### **2.6.2. Clasificación de los gases**

Los VOC pueden tener diferentes impactos directos o indirectos sobre el medio ambiente, siendo los principales efectos:

- Efectos nocivos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas naturales debido a su toxicidad, efectos carcinógenos y otros efectos psicológicos adversos.
- Desperfectos sobre los materiales
- Formación de oxidantes y aumento del ozono troposférico
- Olores

Muchos compuestos orgánicos volátiles se usan comúnmente en disolventes de pintura y de laca, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados en pasatiempos, preservativos de madera, sustancias en aerosol, disolventes de grasa, productos de uso automotor y líquidos para la industria de lavado en seco. En la Tabla II se muestra la clasificación de los gases, según su peligrosidad.

Tabla II. **Clasificación de los gases según su peligrosidad**

Tipos (según su peligrosidad)	Ejemplos
Extremadamente peligrosos para la salud.	Benceno, el cloruro de vinilo y el dicloroetano.
Compuestos de clase A (pueden causar daños significantes al medio ambiente).	Acetaldehído, anilina, bencil cloruro, carbono tetracloruro, acrilato de etilo, anhídrido maleico, tricloroetano, tricloroetileno, triclorotolueno.
Compuestos de clase B (con menor impacto en el medioambiente)	Acetona, etanol, ácido clorhídrico

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

- **Efectos nocivos de los compuestos orgánicos volátiles (COV)**

Los compuestos orgánicos volátiles; (COV's) agrupan a una gran cantidad de sustancias químicas que se convierten fácilmente en vapores o gases y que pueden tener diferentes efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud del trabajador en las industrias. El principal inconveniente medioambiental de estos gases es que, al mezclarse con otros contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno que al reaccionar con la luz solar, pueden formar ozono troposférico, que contribuye al problema del smog. Este problema se agrava especialmente en verano, al incidir el sol y las altas temperaturas.

**En cuanto a sus consecuencias sobre la salud**, pueden tener desde un alto grado de toxicidad hasta ausencia de efectos conocidos, dependiendo del compuesto y el período de exposición al mismo. Por ejemplo, se sabe que el benceno es un carcinógeno humano y se tienen sospechas razonables sobre el efecto de otros químicos como el ácido clorhídrico. Los trabajadores industriales, los fumadores y las personas expuestas a la circulación de vehículos están más en contacto con este tipo de sustancias.

Además de sus efectos cancerígenos, la exposición a largo plazo a estos COV's puede causar lesiones de hígado, riñones y sistema nervioso central, mientras que a corto plazo puede causar irritación de los ojos y vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náuseas y trastornos de memoria. Según su peligrosidad, se clasifican en varios grupos:

En la actualidad, los controles de emisiones de COV's se realizan mediante diversas tecnologías, como quemadores y combustores térmicos y catalíticos, que reducen o destruyen estas sustancias; y condensadores y absorbentes, que permiten su posterior reutilización. Asimismo, los investigadores trabajan en el desarrollo de nuevas tecnológicas.

### **2.6.3. Tipos de tratamientos**

Los tratamientos utilizados en el sector industrial para el control de gases, muchas veces poseen un alto grado de complejidad pero una vez familiarizados con los métodos se hace más sencillo el comprender y poner en marcha cualquier tipo de tratamiento.

- **Reducción en origen**

Consiste en reducir o eliminar la generación de residuos. Se puede llevar a cabo por las siguientes técnicas:

- a) Gestión de inventario
- b) Modificación de los procesos de producción

- a) Primero se revisan todas las materias primas adquiridas de esta manera se estudian formas menos contaminantes o peligrosas alternativas, y se asegura que solo se adquiere la cantidad necesaria de materias primas evitando stocks grandes que luego sean posibles desechos a eliminar. Se aplica a todo tipo de industria, no es cara o difícil de aplicar.
- b) Se pueden realizar modificaciones en los procesos de producción de forma que se reduzca la generación de residuos. Esta técnica puede dividirse en:
- *Mejora de los procedimientos de operación y mantenimiento.* Mediante la introducción de mejoras y control más estricto de los procesos de forma que se consiga la máxima eficiencia en el uso de las materias primas se puede reducir notablemente la cantidad de residuos generados.
  - *Cambio de materias primas o aditivos.* La reducción o eliminación del uso de materias peligrosas en los procesos de producción disminuirá no sólo la generación de residuos peligrosos, sino también la cantidad de emisiones de materiales peligrosos a la atmósfera y en los vertidos líquidos.
  - *Ejemplos:* sustitución de la tinta con base disolvente por tinta con base agua, uso de pinturas con base agua en lugar de base disolvente, uso de ozono en lugar de biocidas orgánicos en las torres de refrigeración.
  - *Modificaciones en los equipos de proceso.*

La generación de residuos puede reducirse de forma significativa mediante la instalación de equipos más eficientes o modificando el existente.



- **Reducción de volúmen**

Incluye técnicas que permiten la separación de unos residuos de otros, y de esta forma disminuye el costo de eliminación o bien permite reutilizarlos o reciclarlos (*ver tabla III*). Una vez concentrado los residuos es más fácil recuperar los materiales, que pueden tener valor económico. Se puede realizar por:

- *Segregación*: consiste en separar los distintos flujos de residuos, realizándose generalmente en su origen.
- *Concentración*: reduce el volúmen de los residuos mediante un tratamiento físico (filtración por gravedad o vacío, ultrafiltración, ósmosis inversa).

Tabla III. **Cuadro de técnicas de reducción de volúmen por el tipo de proceso.**

PROCESOS	TÉCNICA
Reacción química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar las variables de reacción en el diseño.</li> <li>• Optimizar el método de adición de reactivos.</li> <li>• Eliminar los catalizadores tóxicos.</li> </ul>
Filtración y lavado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar o reducir el número de filtros auxiliares o filtros recambiables.</li> <li>• Escurrir el filtro antes de abrirlo.</li> <li>• Uso de lavado en contracorriente.</li> <li>• Reciclado de las aguas de lavado.</li> <li>• Mejorar el rendimiento del deshidratado de lodos.</li> <li>• Filtrar sólo cuando sea necesario.</li> </ul>

Limpieza de partes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir todas las unidades de limpieza con solventes.</li> </ul>
Tratamiento de superficies	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prolongar la vida de los baños mediante la eliminación de contaminantes.</li> <li>• Reutilizar el agua de lavado.</li> <li>• Instalar enjuagues por sprays o nieblas.</li> </ul>

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

Así como existen técnicas de reducción de volúmen por el tipo de proceso, también se encuentran técnicas de reducción de volúmen según la actividad industrial, las cuales se presentan en la tabla IV.

**Tabla IV. Cuadro de técnicas de reducción de volúmen según la actividad industrial**

INDUSTRIA	TÉCNICA
Componentes electrónicos	Utilización de un equipo de compactación para reducir el volúmen de los residuos de los tubos de rayos catódicos.
Circuitos eléctricos	Utilización de un filtro prensa para deshidratar los lodos con 60% sólidos y venta posterior para la recuperación de metales.
Formulación de pesticidas	Utilización de bolsas de recolección para cada línea de proceso y tratar las partículas captadas.
Laboratorio de formulación	Segregar los disolventes de lavado y reutilizarlos en fórmulas para tinta.
Formulación de pinturas	Segregar los disolventes del tanque de limpieza y reutilizarlos en formulación de pinturas.

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

## **2.7. Costos**

### **2.7.1. Definición**

En el tema de costos se debe de tomar en cuenta dos factores de suma importancia tales como costos fijos y variables. Partiendo de estos puntos podremos determinar la utilidad monetaria que la empresa podrá percibir al momento de la puesta en marcha del proyecto y poder así realizar un estudio comparativo de los beneficios, ventajas y desventajas que se percibirán con el mismo; así como las posibles mejoras que se puedan realizar y que tengan un beneficio en la productividad y otras secciones que estén involucrados directa ó indirectamente con la planta de clavo y alambres.

### **2.7.2. Clasificación**

Los costos como parte importante en las industrias y cualquier otra institución se clasifican en:

- **Costos fijos**

Serán aquellos costos que independientemente de la cantidad de producción que se éste dando en la planta, tendrán que sufragarse y por ende reflejan ser un punto financiero que proporcionará un parámetro importante a tratar, ya que si éstos costos logran ser reducidos o en su defecto bien aprovechados tendrán un mejor beneficio en dicha planta.

- **Costos variables**

Serán todos aquellos costos que están relacionados directamente con la producción que se esté realizando en la planta de clavo y alambre. Éstos costos variables dependerán en sí de factores importantes como lo serán los insumos, tanto como la materia prima en sí como los insumos que necesitará la maquinaria para que ésta funcione en perfectas condiciones y pueda realizar los procesos para lo cual fue diseñada.



### 3. SITUACIÓN ACTUAL

En lo referente a la situación actual en que se encuentra la planta de clavo y alambres, cabe resaltar que dicha planta no cuenta con una herramienta apropiada para el control de tiempos muertos. Tomando como base y punto de partida un análisis visual, se ha determinado que en el área de trefilación, espigado y galvanizado, que son las secciones más importantes de la planta, no cuentan con datos que proporcionen una base al momento de identificar cuellos de botella, porcentajes de eficiencia, volúmen de producción, capacidad productiva por área, así como de aquellas condiciones que afecten directa o indirectamente el proceso productivo en cada una de las secciones mencionadas anteriormente. Debido a la demanda de producto derivado del metal, AGSA cuenta con personal de trabajo para cada planta productiva y sección, a lo largo de dos jornadas de trabajo con turnos rotativos.

En lo que respecta a turnos rotativos: esto significa que cada 15 días un operador puede trabajar en el turno de día o de noche según sea el caso.

La sección de trefilación cuenta con siete máquinas necesarias para el proceso del alambre trefilado, de las cuales seis máquinas son del tipo mecánico y una del tipo computarizado. Cada máquina posee un número determinado de pasos (según el tipo de máquina) por donde el alambre es reducido un 24% de su diámetro original hasta llegar al diámetro o calibre deseado, según especificaciones del proveedor del equipo.

La sección de espigado cuenta con una línea de producción de ocho máquinas, las cuales están capacitadas para elaborar alambre espigado AG-

400. Al momento de realizar una inspección visual debe de tomarse en cuenta todos los posibles puntos críticos que den como resultado el decremento de la producción dentro de dicha sección. El resultado más evidente fue que para dicho número de maquinaria se cuenta con el número adecuado de operadores, por lo que no se pueden apreciar exceso de tiempos muertos ya que la planta de clavo y alambres, con el fin de eliminar dichos tiempos, tienen como responsabilidad generar un pago por el volúmen de producción generada a lo largo de cada turno, lo cual provoca que cada operador de la línea se responsabilice por dicho volúmen de producción.

Debido a la situación presentada en la sección de espigado se plantea una mejora del tipo mecánico, la cual se desarrollará más adelante en el capítulo 4 de éste trabajo de graduación.

Finalmente al momento de realizar una análisis visual en la sección de galvanización de alambres, el cual consistió de igual forma que en las dos secciones anteriores en observar y analizar puntos críticos; el punto crítico más importante está enfocado al control de gases, debido a la utilización de ciertos insumos, por lo que se plantea una propuesta a la planta de clavo y alambres, que consiste en la elaboración de una guía para el control de gases, la cual se desarrollará en el capítulo 5 de éste trabajo.

### **3.1. Especificaciones de maquinaria a utilizar**

Aceros de Guatemala, S.A. cuenta con tres áreas de importancia utilizadas para generar toda la gama necesaria de productos que día a día el mercado demanda. Dichas áreas están comprendidas por trefilación, galvanizado y espigado.

A continuación se presenta un número de características y especificaciones con las que debe tener la maquinaria a fin de cumplir con las normas de calidad necesarias en cada una de las áreas antes mencionadas.

### **3.1.1. Trefiladoras**

Dentro del área de trefilado, la planta de clavo y alambres cuenta con un total de siete *máquinas trefiladoras* las cuales procesan el producto denominado alambre trefilado.

En la tabla V de la página 33 se presentan las especificaciones y características más importantes, donde TR – 01 corresponde a la máquina trefiladora número uno, TR-02 a la máquina trefiladora dos y así sucesivamente.

La metodología a seguir para la determinación de dichas características, consistió en realizar entrevistas con el personal de la sección, así como con el encargado de la misma, a fin de recolectar dichos datos. La información recabada muestra que seis máquinas trefiladoras utilizan dos tipos de lubricante, siendo éstos:

- **Lubricantes húmedos;** son aquellos donde su viscosidad permite crear una película antifricción entre dos piezas que están en contacto, con el fin de alargar la vida útil de ambos materiales, reducir el calor generado y evitar el desgaste. Para el caso de las máquinas trefiladoras los lubricantes húmedos utilizados son: Omala 220 y Omala 150.
- **Lubricantes en seco;** éstos tienen la misma función de los lubricantes húmedos, que es la de alargar la vida útil del metal. Para el caso de trefilación el lubricante en seco tiene como función crear una película



antifricción entre dos materiales, en este caso uno de esos materiales sería el alambre que está siendo sometido al proceso de trefilado y el otro material sería la pastilla de tungsteno que provoca dicha reducción. Mientras exista el suficiente lubricante entre ambas partes, el alambre tendrá un recubrimiento del mismo y por consiguiente la vida útil de las pastillas aumentará.

Los lubricantes en seco utilizados actualmente en la sección de trefilado son: Polvo 2907 y TR72, donde el primero de éstos es utilizado en la caja del primer paso, debido a que está conformado a base de calcio lo cual permite una mejor adherencia al alambre y el segundo de éstos esta elaborado a base de potasio, que al igual que el primero de éstos, se adhiere al alambre a fin de crear dicha película lubricante.

Cabe mencionar que en la mayoría de casos, según especificaciones del proveedor, el lubricante con numeración alta, se utiliza en el primer paso y el de numeración baja en el resto de los pasos, debido a cada una de las características de los mismos.

Tabla V. Especificaciones de maquinaria en el área de trefilación

Nombre Maquinaria	Código de Maquinaria	Número de Pasos	Tipo de Lubrificante a Utilizar	Modelo	Características
<b>TREFILADORAS</b>					
TR-01	6	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-02	6	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-04	6	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-06	7	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-07	7	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-09	6	Omala 220/Omala 150 2907/TR72	KOCH KGT	El lubricante de tipo Omala son aceites utilizados en el motor y caja reductora de la máquina; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	
TR-10	9	2907/TR72	KOCH KGT 1000/8	A diferencia de las demás máquinas, ésta es de tipo computarizado; los lubricantes son utilizados en las cajas de <i>datos</i> .	

Fuente: [Manuales KOCH, Aceros de Guatemala S.A.](#)

### 3.1.2. Galvanizado

Para el área de galvanizado se han tomado en cuenta ciertas especificaciones (ver tabla VI) que se determinaron por medio de una inspección visual, donde M1 hace referencia al nombre y número de máquina. Las especificaciones de dicha maquinaria se muestran a continuación:

Tabla VI. **Especificaciones de maquinaria en el área de galvanizado**

Nombre de Maquinaria	Cantidad		Número de Bobinas	Puntos críticos en el proceso	Observaciones
	Motores	Reductores			
M1	1	1	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno de Recocido</li> <li>• Decapado</li> <li>• Horno de Galvanizado</li> <li>• Tanques de enfriamiento</li> </ul>	<p>En el horno de de recocido se maneja una temperatura de entre 900 y 1000 °C; en el decapado del alambre se utiliza Ácido Clorhídrico con una concentración del 18%; en el tanque de galvanizado se utiliza zinc (tabletas) que da el recubrimiento de brillo al alambre y finalmente los tanque de enfriamiento sirven como limpiadores y enfriadores del alambre para cambiar las propiedades mecánicas del alambre.</p>
M2	1	1	8		

Fuente: Aceros de Guatemala S.A.

Para la sección de galvanizado, las máquinas poseen un juego de 12 bobinas a ambos lados de la misma que son las encargadas de contener el producto terminado. Para la toma de revoluciones (ver tabla VII) se utilizó un tacómetro (ver figura 12 de la página 79) el cual tiene como función determinar el número de revoluciones por medio de una luz que éste posee, que se encarga de enviar un registro al mismo y muestra en una pantalla la lectura promedio de las revoluciones a la cual está trabajando la pieza en estudio.

**Tabla VII. Revoluciones de trabajo en el área de galvanizado**

No. de Bobina	No. de Máquina	RPM	
		Lado Izquierdo	Lado Derecho
1	1	14.80	14.80
2		14.80	14.80
3		14.80	14.80
4		14.80	14.80
5	2	14.50	14.50
6		14.50	14.50
7		14.50	14.50
8		14.50	14.50
9		14.50	14.50
10		14.50	14.50
11		14.50	14.50
12		14.50	14.50

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.1.3. Espigado

Referente al área de espigado, la planta de clavo y alambres, cuenta con 8 máquinas destinadas para la elaboración del *alambre de púas o alambre espigado*. A continuación, en la tabla VIII se dan a conocer las especificaciones más relevantes de dicha maquinaria. Existe otro tipo de maquinaria que posee la capacidad de elaborar alambre espigado AG-400 y alambre espigado TORO.

Tabla VIII. **Especificaciones de maquinaria para el área de espigado**

Número de Máquina	Código de Máquina	Producto a Elaborar	Observaciones
1	IOWA – 1	AG-400	Este tipo de maquinaria sólo es capaz de elaborar alambre espigado del tipo AG-400.
2	IOWA – 2	AG-400	
3	IOWA – 3	AG-400	
4	IOWA – 4	AG-400	
5	IOWA – 5	AG-400	
6	IOWA – 6	AG-400	
7	IOWA – 7	AG-400	
8	IOWA – 8	AG-400	

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

Dentro del área de espigado la maquinaria trabaja bajo un sistema de poleas debidamente adecuadas que definen la velocidad de trabajo (ver tabla IX de la página 38).

La metodología a seguir consistió en los siguientes pasos:

- Realizar un análisis visual e identificación del grupo de máquinas para la toma de muestras de revoluciones.
- Analizar máquina por máquina, con el fin de trabajar bajo las mismas condiciones y características.
- Identificar partes de la maquinaria que afecten directamente la velocidad de la máquina.
- Utilizar un tacómetro para la toma de revoluciones, tomando un mínimo de 6 lecturas, con el objetivo de establecer un promedio.
- Anotar el valor de las lecturas, para luego ser archivadas como una base de datos esencial al momento de cualquier mejora.

Tabla IX. **Revoluciones de trabajo en el área de espigado**

<b>Código de Maquinaria</b>	<b>Revoluciones</b>					
	<b>Polea 1</b>	<b>Polea 2</b>	<b>Motor</b>	<b>Eje</b>	<b>Eje Principal</b>	<b>Volante</b>
<b>IOWA – 1</b>	167.80	297.00	1783	297.00	296.90	385.50
<b>IOWA – 2</b>	172.60	281.90	1780	281.80	281.90	365.30
<b>IOWA – 3</b>	215.20	348.80	1788	348.70	348.60	451.50
<b>IOWA – 4</b>	209.20	343.80	1773	343.90	343.70	440.00
<b>IOWA – 5</b>	203.00	364.60	1787	364.60	364.60	468.40
<b>IOWA – 6</b>	187.70	296.70	1789	295.30	295.20	380.70
<b>IOWA – 7</b>	182.60	304.40	1779	304.30	304.30	395.80
<b>IOWA – 8</b>	217.90	347.20	1781	347.30	347.30	456.70

Fuente: Trabajo de campo.

### **3.2. Descripción de puestos**

El personal que integra la planta en el proceso de trefilación, espigado y galvanizado consta del siguiente número de personas: 1 jefe de planta, 1 asistente de planta, 4 supervisores (que son jefes de turno), 3 mecánicos, 2 soldadores, 1 dadero y 2 ayudantes.

- **Jefe de planta**

El jefe de planta tiene a su cargo la administración y dirección de la planta de clavo y alambres, tomando en cuenta el área de trefilación, espigado, galvanizado, clavo y alambre de amarre; así como de llevar un control estadístico de la producción y consumo diario de todos los recursos necesarios e indispensables para el cumplimiento de las metas de producción.

- **Asistente de planta**

El asistente de planta tiene varias responsabilidades a su cargo, siendo éstas el monitoreo eficaz referente al cumplimiento de producción. Ser el administrador y director del taller de mantenimiento, que tiene como responsabilidad principal velar por el funcionamiento adecuado de la toda la maquinaria utilizada dentro de la planta, la cual es necesaria en el proceso de producción. De igual forma apoyar al jefe de planta al momento de su ausencia.



- **Supervisores**

Los supervisores tienen a su cargo un número determinado de personas, las cuales son parte indispensable para el cumplimiento de metas de producción. El número de supervisores con el que cuenta la planta de clavo y alambres es de cuatro: 1 en la sección de trefilación, 1 en la sección de clavo (tanto en clavo para madera como clavo para lámina) y 2 para la sección de espigado, alambre de amarre y sección de galvanizado; donde cabe destacar que éstos últimos trabajan turnos rotativos de 12 horas.

Las responsabilidades de dichos supervisores son varias, pero las más importantes es la de facilitarle a los trabajadores de su sección todos los recursos necesarios en beneficio de los mismos, Llevar un control diario de producción y consumo de materia prima por sección y turno, según sea el caso.

- **Mecánicos**

Los mecánicos tienen como responsabilidad principal velar por el funcionamiento eficaz de toda la maquinaria con la que cuenta la planta de clavo y alambres, ya que de dicha maquinaria depende todo el proceso productivo, así como el personal tanto administrativo como no administrativo en materia de incentivos de producción.

- **Soldador**

La responsabilidad de los soldadores es apoyar en cualquier problema donde sea necesario aplicar algún tipo de soldadura que sea de beneficio en el proceso de producción, así como diseñar y fabricar modificaciones que

ayuden al funcionamiento adecuado de la planta. Es por ello que el trabajo que realicen depende del tipo de necesidad que se presente.

- **Dadero**

Esta persona forma parte importante dentro de la sección de trefilado, debido a que es el encargado de elaborar y proporcionar los *dados* a utilizar por parte de los operadores de dicha sección, cumpliendo con las metas de producción y funcionamiento adecuado de la maquinaria, que utiliza dicho recurso como parte indispensable. Los *dados* están elaborados de *tungsteno* (material resistente al golpe e incremento de temperatura) y son los encargados de reducir el diámetro del alambre.

- **Ayudantes**

Los ayudantes son los encargados de brindar todo el apoyo necesario en donde sean requeridas sus condiciones y aptitudes. Son parte fundamental en el cumplimiento de reparación de maquinaria, suministro de equipo y herramienta, así como todo lo referente al proceso productivo de todas las áreas con las que cuenta la planta de clavo y alambres.

### **3.3. Tipos de calibre de alambre a procesar en planta**

Los distintos tipos de calibre que se trabajan y elaboran según el área de producción se pueden apreciar en la tabla X de la página 42.

Tabla X. Tipos de calibre según el área de trabajo

Área de Trabajo	Tipo de Calibre a Elaborar	Tipo de Calibre a Trabajar	Especificaciones
<b>Trefilación</b>	09	09	Diámetro de 3.60 mm
	14	14	Diámetro de 2.11 mm
	15	15	Diámetro de 1.90 mm
	16	16	Diámetro de 1.70 mm
<b>Espigado</b>	No elaboran ningún tipo de calibre debido a que la materia prima a utilizar proviene de la sección de galvanizado	14	Cuando se trabaja sólo con alambre calibre 15 nos referimos al producto denominado AG-400 y cuando se trabaja el alambre calibre 14 y 15 conjuntamente nos referimos al producto denominado TORO.
		15	
<b>Galvanizado</b>	No elaboran ningún tipo de calibre debido a que materia prima proviene de la sección de trefilación.	14	Tanto el alambre calibre 14 y 15 poseen un recubrimiento de zinc. De aquí proviene el nombre de <i>galvanización</i> .
		15	

Fuente: Aceros de Guatemala S.A.

### **3.4. Diagramas de flujo de proceso actual**

En la planta de clavo y alambres se cuenta con tres diagramas de flujo de proceso, que identifican las áreas más importantes y que representan un  *cuello de botella*  dentro de dicha planta.

#### **3.4.1. Diagrama de flujo de proceso área de trefilado**

Para el proceso de trefilado se utiliza como materia prima rollos de alambre denominados  *alambrones*  (ver anexo A, figura 36 de la página 205) que originalmente poseen un diámetro de 5.5 mm y un peso que oscila entre 40 y 45 quintales. Dichos rollos se encuentran en la bodega de materia prima y son trasladados (49.46 m, 5 min.), al área de trefilado donde son colocados (5 min.) en unos  *devanadores*  (ver anexo A, figura 37 de la página 205) que forman parte importante en el proceso productivo. Una vez el alambrón ha sido colocado en el devanador el operador de la  *máquina trefiladora*  se encarga de afilar tanto la punta del rollo nuevo como la del rollo por terminar (1 min.), esto con el objetivo de soldar ambas puntas (1.5 min.) y mantener un proceso continuo de producción.

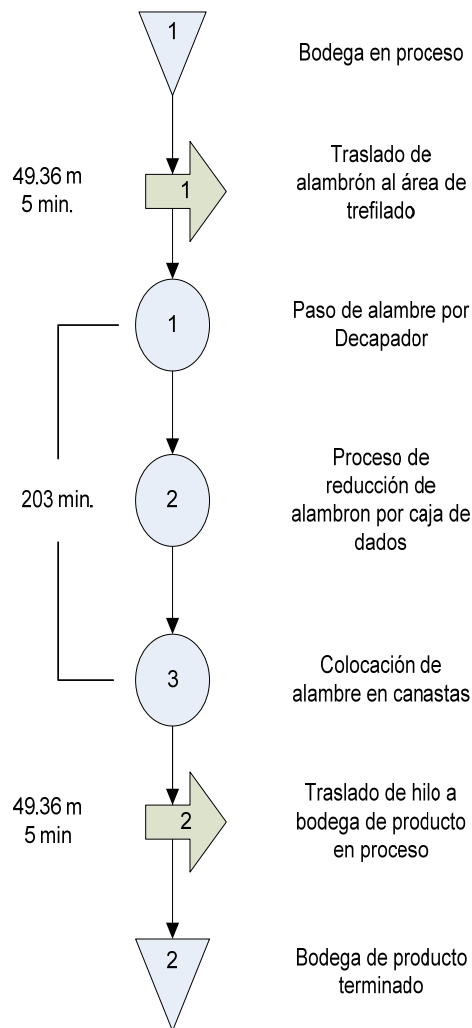
El alambrón soldado pasa por una serie de rodillos debidamente colocados que conforman un  *decapador mecánico*  (ver anexo A, figura 38 de la página 205) que tienen como función desprender la mayor cantidad de óxido que se encuentre adherido a los rollos de alambrón. Seguidamente el alambrón es sometido a un  *trabajo en frío*  realizado por un grupo de siete  *cajas de dados*  (ver anexo A, figura 39 de la página 205) que contienen unas pastillas de tungsteno o “dados” (ver anexo A, figura 40 de la página 205) que se encargan de reducir el diámetro del alambrón hasta el calibre deseado (a esto se le conoce como  *proceso de trefilación* ).

En cada caja de dados se reduce un 24% del diámetro original y se repite de igual manera en los siguientes *pasos* hasta llegar finalmente al *dead block* o bloque muerto en donde se da la reducción final del alambre (200 min. Tiempo total). El alambre que ha sufrido su reducción final es colocado por el operador en unos recipientes denominados *canastas* (*ver anexo A, figura 41 de la página 206*). Una vez las canastas se han llenado, éstas son trasladadas a la báscula (49.36 m, 5 min) en donde el producto terminado es pesado y registrado en una base de datos. Dichas canastas son colocadas en la bodega de la planta para su posterior uso en el área que se requiera (galvanizado, clavo para madera, clavo para lámina o alambre de amarre). Es por ellos que se ha catalogado al área de trefilación como el corazón de la planta de clavo y alambres.

En la figura 4 de la página 45 se presenta el diagrama de flujo de proceso correspondiente al área de trefilado, donde puede observarse claramente que la cantidad de tiempo más grande consumida, corresponde al proceso de trefilación como tal. Por lo tanto, en dicho punto se observan ciertas deficiencias que deben ser tomadas en cuenta al momento del estudio de tiempos, tales como: lubricante en seco a utilizar, tiempo consumido al momento de cambiar calibración en cada una de las cajas de dados, sistema de enfriamiento de la maquinaria, tipo de lubricante húmedo a utilizar, tiempo de soldar al momento de ruptura en el alambre, entre otros. Es por ello que puede decirse que aquí se encuentra el cuello de botella para el proceso de trefilado en cada uno de los puestos de trabajo.

Figura 4. Diagrama de flujo de proceso actual en área de trefilación

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1	
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trefilado.		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.	



RESUMEN			
Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
▽	2	-----	-----
○	3	203	-----
➡	2	10	98.72
TOTAL	7	213	98.72

Fuente: Aceros de Guatemala S.A.

### 3.4.2. Diagrama de flujo de proceso actual en área de galvanizado

A diferencia del proceso de trefilado, éste proceso es mas complejo en lo que se refiere a descripción. A continuación se describe el proceso de galvanizado:

Una vez el alambre ha sido previamente trefilado (calibre 15 y/o calibre 14), dicho alambre se convierte en un subproducto de materia prima la cual es almacenada en la bodega de materia prima, de donde se traslada al área de galvanizado en *canastas* (5 m, 5 min.) (ver anexo A, figura 44 de la página 207) que son colocadas adecuadamente por el operador del montacargas, a fin de distribuir un total de 24 canastas. Aquí los operadores se encargan de colocar el alambre sobre un juego de poleas que sirven de guía, con el motivo de que dicha materia prima pase por un *horno de recocido* (ver anexo A, figura 45 de la página 207) que se encuentra calentado a una temperatura promedio de 900 °C para hacer del material más dúctil. Seguido de éste paso el alambre pasa un *tanque de enfriamiento* (ver anexo A, figura 46 de la página 207) que con ayuda de agua a temperatura ambiente enfría el alambre, logrando con esto un cambio de propiedades mecánicas, donde luego es sumergido en una *canoas de ácido* (ver anexo A, figura 47 de la página 208) la cual contiene como su nombre lo indica, *ácido clorhídrico* a una concentración de 18% con el fin de limpiar el alambre de toda suciedad, escoria u óxido que el alambre posea. Posterior a éste punto el alambre se limpia nuevamente con agua a temperatura ambiente en otro *tanque de enfriamiento* para pasar luego por un *tanque de amonio* (ver anexo A, figura 48 de la página 208) que contiene dicho elemento a una concentración de 5.04. Esto para eliminar cualquier adhesión de agua y ácido que el alambre aún posea. Ya que el alambre ha sido totalmente limpiado pasa por una *cama de calor* (ver anexo A, figura 49 de la página 208) que se encuentra a una temperatura gradual de calentamiento, con el objetivo de secar

el alambre para luego ser recubierto con *zinc* dentro del *horno de zinc* (ver *anexo A, figura 50 de la página 208*) que se encuentra calentado a una temperatura promedio de 1200 °C., y a éste proceso se le conoce finamente como *proceso de galvanizado*. Al final del proceso productivo, el área de galvanizado cuenta con dos *máquinas devanadoras* (ver *anexo A, figura 51 y 52 de la página 208 y 209 respectivamente*) que se encargan de enrollar el alambre galvanizado (420 min). Para luego ser trasladado a la sección de espigado (5 m, 5 min).

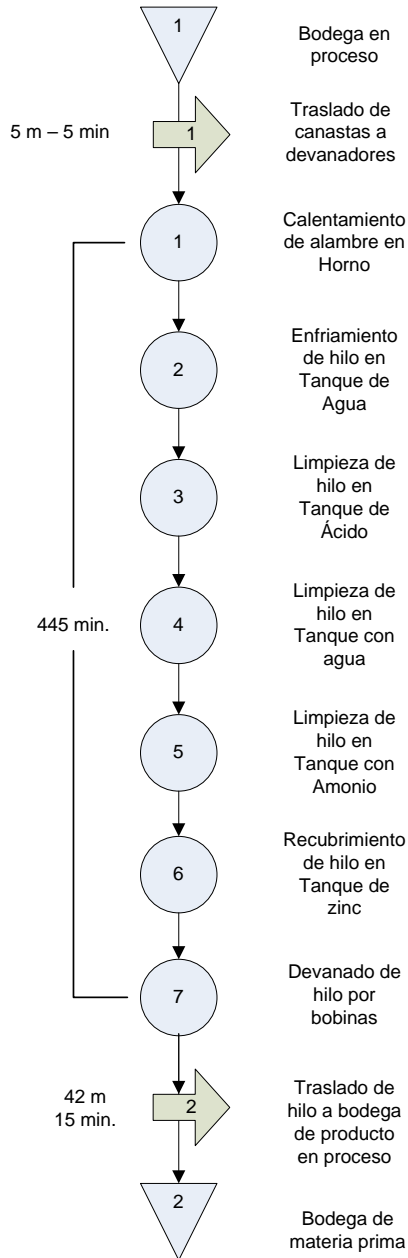
En la figura 5 de la página 48 se puede apreciar el diagrama de flujo de proceso para el área de galvanizado. Para dicho diagrama se pueden observar algunas deficiencias que pueden ser controladas y no controladas. La única deficiencia que no puede ser controlada para éste caso es la composición química del alambre, mientras que como deficiencias que pueden ser controladas se tiene: la temperatura de recocido, el sistema de enfriamiento del alambre, la cantidad adecuada de ácido clorhídrico a utilizar, temperatura de secado del alambre, cantidad de tabletas de zinc para brindarle el recubrimiento al alambre y evitar la corrosión por el ambiente y humedad, entre otros.

Cabe mencionar que la cantidad de tiempo mayor que se muestra en el diagrama equivale al proceso de galvanizado como tal y sin duda alguna la deficiencia más visible es que la sección de galvanizado no cuenta con una metodología a seguir para el control de gases, lo cual afecta tanto al personal de la planta como al medio ambiente.



Figura 5. Diagrama de flujo de proceso actual en área de galvanizado

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trefilado.	
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez
<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008	
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.



RESUMEN			
Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
▽	2	-----	-----
○	9	445	-----
→	2	20	47
TOTAL	12	450	42

Fuente: Aceros de Guatemala S.A.

### 3.4.3. Diagrama de flujo de proceso en área de espigado

El proceso de espigado es relativamente más sencillo al momento de su descripción. A continuación se describe el proceso:

Una vez el alambre ha sido galvanizado, el alambre es trasladado a la sección de espigado (5 m, 5 min) donde se elaboran los rollos de *alambre espigado* (ver anexo A, figura 53 de la página 210) ó como comúnmente se conoce: *alambre de púas*. Dicha sección cuenta con un total de 14 *máquinas de espigado* (ver anexo A, figura 55 de la página 210) que elaboran dicho producto. Cada máquina posee 4 *canastas* (ver anexo A, figura 56 de la página 210) donde el alambre es colocado y se hace pasar cada *hilo de alambre* por un juego de poleas que sirven de guía al momento de que cada máquina empiece a trabajar. Una vez el alambre ha sido preparado y colocado en la maquinaria, el operador acciona el interruptor de la misma para empezar con el proceso productivo (20 min). La máquina posee un *contador de púas* que forma parte indispensable en el proceso productivo, el cual tiene como función contar el número ideal de púas para que al momento de que la máquina termina dicho conteo, ésta finaliza el proceso automáticamente. El operador remueve el rollo de alambre espigado y acciona nuevamente la máquina (1 min), luego coloca dicho rollo sobre unas tarimas (5 min). Dentro del área existe un operador que es el encargado de empaquetar el producto terminado (0.33 rollos/rollo). Posteriormente al empaque de rollos, el empaquetador se encarga de colocar dicho producto en la tarima de producto terminado (1 min) para luego ser trasladado a la bodega de materia prima (5 m, 5 min) dispuesto para su despacho a las tiendas de distribución. Cabe mencionar que para dicho proceso existen dos tipos de productos a elaborar que son: *alambre espigado AG-400* (ver anexo A, figura 57 de la página 212) el cual para su proceso necesita de alambre calibre 15, tanto en la púa como hilo; y *alambre espigado TORO* (ver

*anexo A, figura 58 de la página 210*) el cual necesita para su proceso alambre calibre 14 y 15, donde uno se utiliza para elaborar la púa y otro para los hilos que se encuentran entre púa y púa, respectivamente.

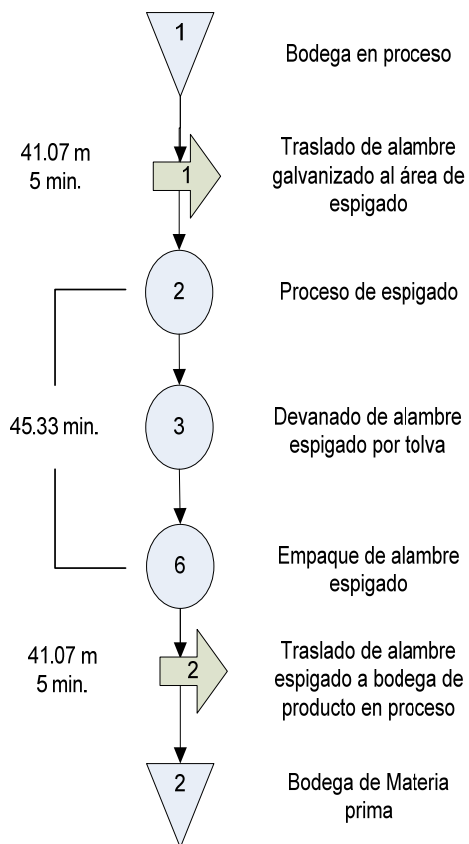
En la figura 6 de la página 51 se presenta el diagrama de flujo de proceso actual para el área de espigado, donde puede apreciarse que dichos tiempos corresponden al proceso de elaboración de un rollo de espigado, ya que por el tipo de maquinaria así como del producto, la capacidad productiva de dicha sección se analiza en base a rollos por día producidos.

El área de espigado cuenta con un total de 6 operadores, lo que indica un número ideal para la cantidad de máquinas existentes. Por lo tanto se puede decir que el número de operadores es ideal ya que al momento de observar el proceso en estudio, no existen tiempos lo suficientemente amplios para deducir que la ineficiencia en dicha área se debe a pérdida de tiempo por parte del operador, lo cual provoque un decremento porcentual en la producción.

Para cada proceso productivo existen normas que rigen los mismos (*ver anexo C, figura 67 y 68 de la página 220 y 221*) a fin de cumplir con los lineamientos establecidos por las normas de calidad existentes.

Figura 6. Diagrama de flujo de proceso actual en área de espigado

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trellado.	
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez
<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008	
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.



RESUMEN			
Símbolo	Cantidad	Tiempo rollos/min	Distancia (m)
▽	2	-----	-----
○	3	45.33	-----
➡	2	10	82.14
TOTAL	7	55.33	82.14

Fuente: Aceros de Guatemala S.A.

### **3.5. Descripción de tiempos**

La planta de clavo y alambres cuenta con tres áreas indispensables en el proceso productivo de dicha planta y para ello a continuación se presentan una breve descripción actual de tiempos por área.

#### **3.5.1. Área de trefilado**

Dentro de la planta de clavo y alambres, el proceso productivo más importante se encuentra en la sección de trefilado, ya que las demás áreas dependen de la cantidad producida en quintales diaria que dicha sección obtenga.

Las actividades más importantes y que generan un paro considerable en el tiempo de producción para el área de trefilado, catalogados como un tiempo muerto son los siguientes:

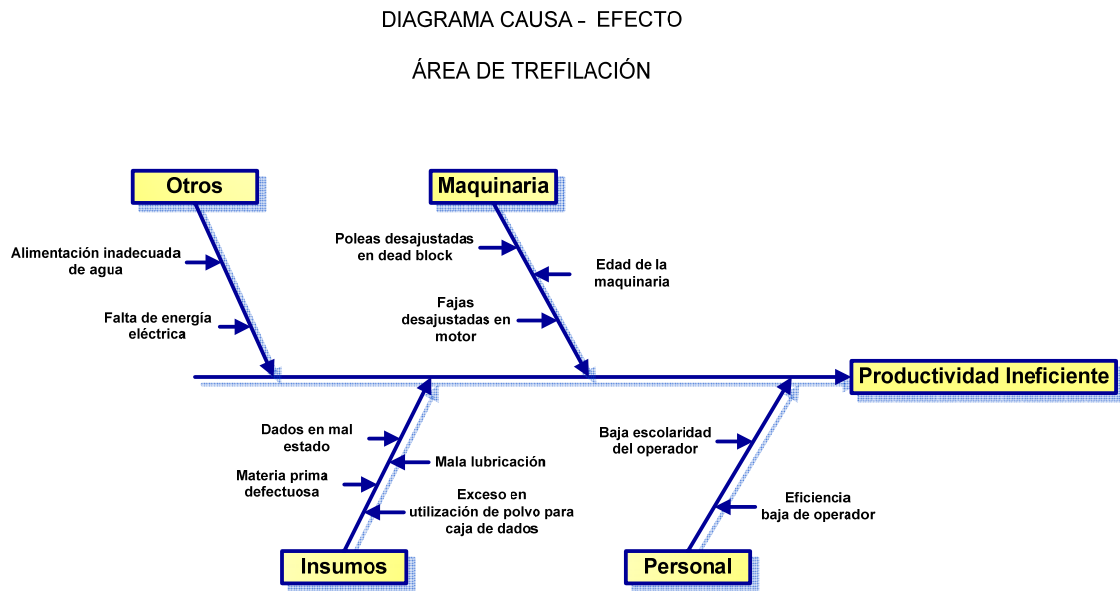
- Traslado de rollos al área de trabajo
- Colocación de rollo en devanadores
- Aplicación de soldadura en el proceso de trefilado al utilizar un nuevo rollo de alambón.
- Aplicación de soldadura a las partes del alambre que sufren un máximo estiramiento, lo que provoca una ruptura.
- Cambio de pastillas de tungsteno (calibración de dados).
- Colocación de recipiente vacío para alambre trefilado.
- Fatiga del personal de trabajo.

En la figura 7 de la página 54 se presenta el diagrama de Causa y Efecto para el área de trefilación referente a la productividad generada en el área de trefilación.

Para la realización de dicho diagrama, debe de realizarse entrevistas con cada uno de los operadores del área de trefilado, mecánicos, encargados de bodega que proporcionan los insumos, así como con el supervisor de dicha área, a fin de poder determinar las causas y efectos que se presentan al momento de un proceso de trefilado. De la misma manera debe de analizarse y dentro de cada entrevista preguntar sobre situaciones que definitivamente se encuentran fuera del alcance de los mismos, los cuales se aprecian dentro del diagrama con el ítem de otros.

Como puede observarse en dicho diagrama el problema principal a atacar dentro del área es, la productividad ineficiente y para ello se ven involucrados factores mecánicos, insumos a utilizar y personal involucrado tanto directa como indirectamente con el proceso de trefilado.

Figura 7. Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de trefilación



Fuente: Área de Trefilación. Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.5.2. Área de galvanizado

Dentro del área de galvanizado existen ciertas actividades que provocan el decremento de producción diaria. Dentro de esta área el único y mayor problema que se presenta referente a tiempos muertos surge cuando la composición química del alambre trefilado es mala según normas ASTM y por ende, al momento de someterlo a un cambio de temperatura sumamente elevado, el metal no soporta su condición física y se revienta. Éste tipo de paro provoca que las *máquinas devanadoras*, que se encuentran al final del proceso productivo (*ver anexo A, figura 51 y 52 de la página 208 y 209 respectivamente*) no cumplan con la cantidad necesaria de producto terminado.

Dentro del área de galvanizado se debe realizar un análisis visual del proceso para identificar posibles factores o puntos críticos y luego realizar entrevistas con el personal del área, mecánicos, personal encargado de proporcionar insumos y supervisores del área, con el fin de relacionar la información recabada de las entrevistas junto con el previo análisis visual.

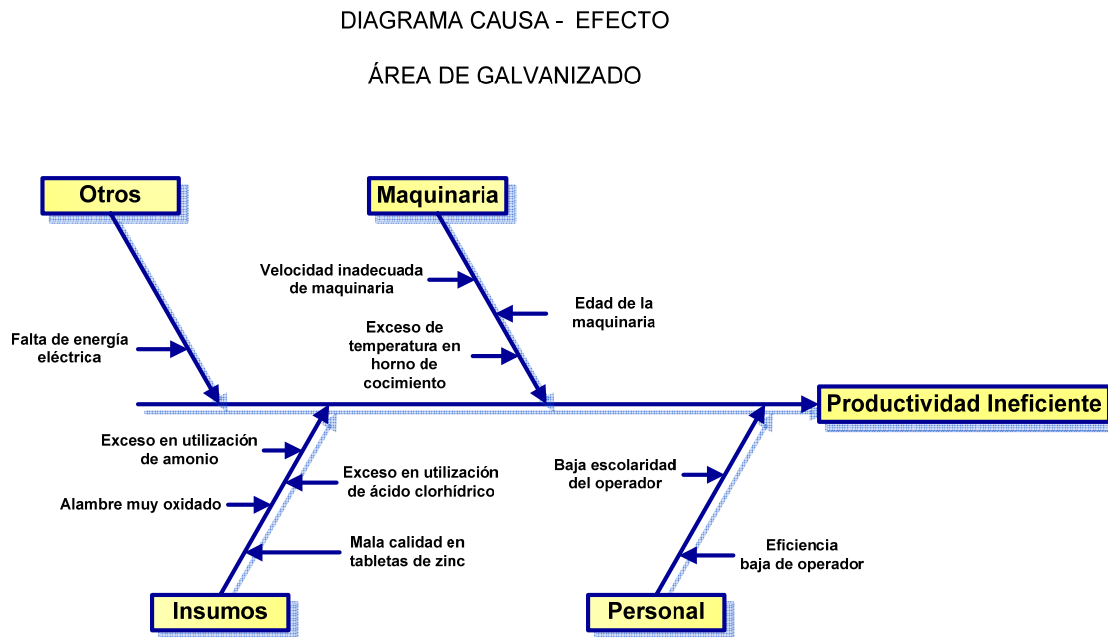
A continuación se presenta un listado de factores que ocasionan un paro de maquinaria, catalogados como un tiempo muerto son los siguientes:

- El alambre revienta.
- Irregularidades de temperatura en el horno de recocido y horno de zinc.
- Baja concentración de ácido clorhídrico.
- Baja concentración de amonio.
- Desperfectos mecánicos en motores.
- Recubrimiento ineficiente de zinc en el alambre.
- Fatiga del personal de trabajo.

En la figura 8 de la página 56 se presenta el diagrama de Causa y Efecto para el área de galvanizado referente a la productividad generada en dicha área. Cabe mencionar que al igual que en el diagrama de causa y efecto para el área de trefilado, el ítem con nombre “otros” se refiere a condiciones que se encuentran fuera del control del personal de planta de clavo y alambres.



Figura 8. Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de galvanizado.



Fuente: Área de galvanizado. Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.5.3. Área de espigado

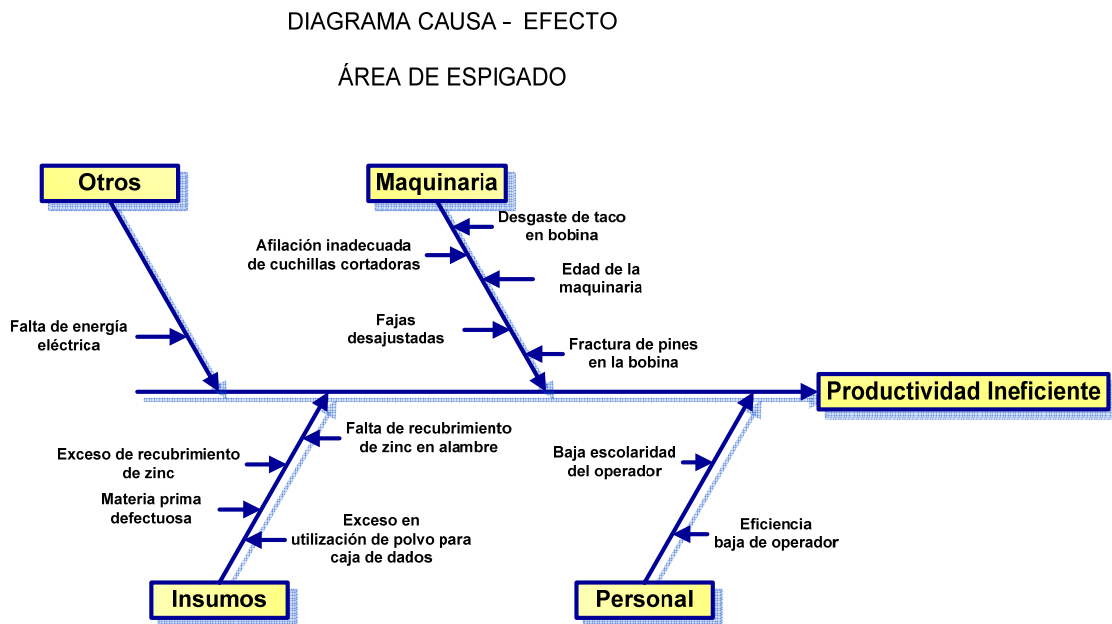
El área de espigado perteneciente a la planta de clavo y alambre, forma parte importante para el cumplimiento de metas de producción.

Por medio de un análisis visual y haciendo uso de entrevistas con el personal de la sección de espigado, con los mecánicos, encargados de turnos y supervisores, los factores que determinan un incremento o decremento de producción, catalogados como un tiempo muerto son los siguientes:

- Fallas mecánicas.
- Mala calidad del alambre a trabajar.
- Asignación de personal sin conocimiento sobre el proceso productivo.
- Falta de operadores.
- Rollos de alambre galvanizado pequeños.
- Traslado tardío de materia prima a la sección.
- No existe estandarización en el proceso productivo.
- Fatiga del personal de trabajo.

En la figura 9 se presenta el diagrama de Causa y Efecto para el área de espigado referente a la productividad generada en dicha área.

Figura 9. **Diagrama Causa y Efecto de ineficiencia productiva en el área de espigado.**



Fuente: Área de Espigado. Aceros de Guatemala, S.A.

### **3.6. Estudio de tiempos muertos**

El estudio de tiempos muertos, como ya se mencionó en el capítulo dos de este trabajo, forma parte importante y ayuda en los procesos productivos dentro de la planta de clavo y alambres. Para el estudio de tiempos muertos se hizo uso de ciertos recursos que ayudarían al cumplimiento de la toma de tiempos.

Para el proceso de toma de tiempos para el área de trefilado, galvanizado y espigado se debe observar como primer punto el proceso productivo en cada área, como segundo paso identificar cada una de las partes de la maquinaria a fin de familiarizarse con dicho equipo y luego por medio de la utilización de cronómetros digitales se determinan los tiempos de producción por maquinaria y tiempos muertos que en su momento provocan un decremento en la producción.

- El proceso a seguir para la toma de tiempos muertos en el área de trefilado consiste en:
  - a) Analizar el tipo de proceso.
  - b) Visualizar el proceso.
  - c) Analizar e identificar partes importantes de la maquinaria que puedan afectar el proceso productivo.
  - d) Realizar entrevistas con el operador de la máquina con el fin de solucionar dudas sobre el funcionamiento de la misma, para identificar puntos críticos dentro del proceso. Éste paso es de suma importancia realizarlo, debido a que en el mayor de los casos el operador es el que más conoce sobre el proceso productivo y es la persona que día a día trabaja con el equipo.

- e) Elaborar formatos para la toma de tiempos (*ver anexo C, figura 74 de la página 228*), los cuales pueden ser mejorados durante dicho proceso.
  - f) Utilizar cronómetros que ayuden a la exactitud en la toma de tiempos. Dependiendo del tipo de cronómetro que se tenga, la cantidad de los mismos a utilizar para dicha actividad será variable.
  - g) Para éste proceso, se deben de realizar seis muestras, las cuales consisten en tomar el tiempo desde que se inicia el llenado de una canasta hasta que finaliza. Durante ésta actividad se deben tomar en cuenta todas aquellas situaciones que provoquen un paro de maquinaria, lo cual impide el llenado de la canasta y de igual manera éstas condiciones se convertirán en los tiempos muertos a analizar.
  - h) Las muestras deben de realizarse a lo largo de 5 días, con el objetivo de poseer datos suficientes a fin de obtener un promedio de producción por minuto, hora, día y por último obtener los datos de producción mensual.
  - i) Para el mejor funcionamiento de dicha metodología se debe de contar con el uso del software adecuado (Microsoft Excel), haciendo uso al máximo de los recursos con los que cuente la empresa o planta en estudio.
- El procedimiento a seguir para la toma de tiempos muertos en el área de galvanizado consiste en:
    - a) Analizar el tipo de proceso.
    - b) Visualizar el proceso.
    - c) Analizar e identificar partes importantes de la maquinaria que puedan afectar el proceso productivo.
    - d) Realizar entrevistas con el operador de la máquina con el fin de solucionar dudas sobre el funcionamiento de la misma, para identificar puntos críticos dentro del proceso. Éste paso es de suma importancia

realizarlo, debido a que en el mayor de los casos el operador es el que más conoce sobre el proceso productivo y es la persona que día a día trabaja con el equipo.

- e) Se debe tomar muy en cuenta que del paso anterior, dependerá del avance o no referente a toma de tiempos muertos. Para el caso de la sección de galvanizado se determinó que los tiempos muertos existentes no son prolongados o no tienen mayor incidencia en la capacidad productiva del área.
  - f) Debido a que uno de los factores que afectan la producción en el área es la falta de una metodología capaz de controlar los gases que se producen dentro de la misma.
  - g) Para la metodología a seguir se debe de elaborar un cuestionario, el cual deberá ser presentado a cada operador.
  - h) Se deben de realizar conferencias con el personal involucrado, para hacer conciencia en los mismos sobre la importancia del control de gases.
  - i) Debido a solicitud de la planta de clavo y alambres, se determinó la capacidad productiva del área de galvanizado, para lo cual los tiempos tomados en dicha área sirvieron únicamente para calcular el tiempo de producción.
  - j) Para el mejor funcionamiento de dicha metodología se debe de contar con el uso del software adecuado (Microsoft Excel, Microsoft Word u otra herramienta similar), haciendo uso al máximo de los recursos con los que cuenta la empresa o planta en estudio.
- El proceso a seguir para la toma de tiempos muertos en el área de espigado consiste en:
    - a) Analizar el tipo de proceso.

- b) Visualizar el proceso.
- c) Analizar e identificar partes importantes de la maquinaria que puedan afectar el proceso productivo.
- d) Realizar entrevistas con el operador de la máquina con el fin de solucionar dudas sobre el funcionamiento de la misma, para identificar puntos críticos dentro del proceso. Éste paso es de suma importancia realizarlo, debido a que en el mayor de los casos el operador es el que más conoce sobre el proceso productivo y es la persona que día a día trabaja con el equipo.
- e) Elaborar formatos para la toma de tiempos, los cuales pueden ser mejorados durante dicho proceso.
- f) Utilizar cronómetros que ayuden a la exactitud en la toma de tiempos. Dependiendo del tipo de cronómetro que se tenga, la cantidad de los mismos a utilizar para dicha actividad será variable.
- g) Para éste proceso, se deben de realizar seis muestras por cada una de las máquinas en el área, las cuales consisten en tomar el tiempo desde que se inicia a trabajar la máquina hasta que la operación de la misma finaliza. Durante ésta actividad se deben tomar en cuenta todas aquellas situaciones que provoquen un paro de maquinaria, lo cual impide el proceso de rollo de espigado y de igual manera éstas condiciones se convertirán en los tiempos muertos a analizar.
- h) Las muestras deben de realizarse a lo largo de 3 días, con el objetivo de poseer datos suficientes a fin de obtener un promedio de producción por minuto, hora, día y por último obtener los datos de producción mensual; así como identificar la/s máquinas más rápidas del proceso productivo.

Para poder determinar el equipo o equipos más rápidos, estos serán aquellos que posean el menor tiempo al momento de elaborar un rollo de alambre espigado.

- i) Para el mejor funcionamiento de dicha metodología se debe de contar con el uso del software adecuado (Microsoft Excel), haciendo uso al máximo de los recursos con los que cuente la empresa o planta en estudio.

A continuación se presentan los recursos a utilizar para la toma de tiempos en el área de trefilado, espigado y galvanizado:

- Dos relojes digitales con capacidad de 50 lapsos de tiempo.
- Una tabla shanon de trabajo.
- Equipo de papelería y útiles.

### **3.7. Cálculo de eficiencia**

Toda industria, ya sea pequeña, mediana o grande debe de poseer un control y cálculo eficaz referente a la eficiencia.

Para el cálculo de eficiencia en el área de trefilado, galvanizado y espigado se debe plantear una relación entre la producción teórica versus la producción real en el área de estudio. Los cálculos de eficiencia para las áreas en estudio se detallan en los incisos siguientes.

A continuación, en la tabla XI se presentan los radios y áreas a utilizar en la planta de clavo y alambres que deben ser tomados en cuenta para cálculos posteriores.

Tabla XI. **Radio y áreas de alambre trefilado, según el calibre a trabajar**

Calibre	Diámetro (mm)	Radio (mts)	Área (mts <sup>2</sup> )
9	3.595	0.00180	0.00001015
14	2.105	0.00105	0.00000348
15	1.895	0.00095	0.00000282
16	1.700	0.00085	0.00000227
17	1.510	0.00076	0.00000179

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.7.1. Área de trefilado

Previo a realizar el cálculo de eficiencia referente al área de trefilado, se debe seguir paso a paso la metodología planteada anteriormente en el numeral 3.6, que sirve de apoyo en cada uno de los cálculos a realizar. Para el cálculo de eficiencia en la sección de trefilado, se debe utilizar la siguiente ecuación:

Figura 10. **Ecuación para el cálculo porcentual de eficiencia**

$$\% \text{ eficiencia trefilado} = (\text{producción real} / \text{producción teórica}) * 100$$

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

Donde las dimensionales de la producción teórica como real, se trabaja en quintales por día (qq / día), como puede observarse en párrafos anteriores, la producción teórica resulta de la toma de tiempos, tanto para el área de trefilado como para el área de espigado. Ya que al momento de la toma de tiempos se puede determinar un parámetro de capacidad productiva teórica en cada área



de estudio, donde dicha producción teórica es aquella, donde no se toman en cuenta los tiempos muertos, o sea que es un parámetro de producción ideal.

A continuación se presentan los cálculos de eficiencia para la máquina trefiladora número uno (TR-01).

**Datos:**

Producción real (qq / día) = 135.98

Producción teórica (qq / día) = 202.40

$$\% \text{ eficiencia TR-01} = (135.98/202.40)*100 = 67\%$$

Cabe mencionar que dichos pasos para determinar el porcentaje de eficiencia para la máquina trefiladora número uno, es el mismo para cada una de las otras estaciones de trabajo (7 máquinas trefiladoras) encontradas en la sección.

El dato de producción teórica que se utilizó para el cálculo de eficiencia en la máquina trefiladora número uno, se muestra en el capítulo 4 de éste trabajo como parte de la mejora implementada en la sección, los cuales fueron establecidos por medio de estudio de tiempos y movimientos.

En la tabla XII se muestra el porcentaje global de eficiencia para el área de trefilado, que es del 49%. Dichos porcentajes resultan de la relación entre los valores teóricos y reales de producción expresados en quintales por día, multiplicados por 100 para brindar dicho factor.

Tabla XII. **Porcentaje de eficiencia actual en el área de trefilado**

MAQUINAS	Calibre	Teórico	Real	% EFICIENCIA
		(qq / día)	(qq / día)	
TR-01	16	202.40	135.98	67%
TR-02	15	189.63	110.66	58%
TR-04	15	266.38	118.20	44%
TR-06	16	250.85	110.00	44%
TR-07	16	248.94	100.00	40%
TR-09	16	219.25	115.25	53%
TR-10	16	430.60	195.25	45%
		1808.05	885.34	49%

Fuente: Trabajo de campo

El 49% de eficiencia equivale a 885.34 quintales diarios de producción actual en promedio y un 61% equivale a una ineficiencia o pérdida de producción actual de 922.31 quintales diarios en promedio debido a los tiempos muertos, paros de maquinaria por fallas mecánicas, alambrón dañado, entre otros. En lo que concierne a producción promedio; esto significa que se debe recabar datos de producción diarios durante dos semanas, haciendo uso de un software denominado “PLUS” que es una base de datos utilizada en la planta de clavo y alambres, donde se lleva un registro de la producción diaria.

Siguiendo paso a paso la metodología antes mencionada para cada sección, analizando cada puesto de trabajo y tomando en cuenta aquellos factores determinantes dentro del proceso productivo (*ver tabla XIII de la página 66*), existen actividades que inciden sobre la eficiencia de trabajo en el área de trefilación.

Tabla XIII. **Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de trefilación, catalogados como tiempos muertos**

Nombre de la actividad	Observaciones
Traslado de materia prima a la sección de trefilado	El traslado de la materia prima (alambrón) a la sección de trefilado tarda en promedio 5 minutos, tomando en cuenta la distancia de un punto a otro de 5 m.
Colocación de alambrón en devanadores	La colocación del alambrón sobre los devanadores tarda en promedio 3 minutos.
Soldadura de alambre reventado	Cuando la curva <i>esfuerzo-deformación</i> es muy alta las propiedades físicas del metal se ven alteradas y revienta.
Cambio de pastillas de tungsteno (calibración)	El cambio de pastillas depende diámetro que posean las mismas, así como del número de pastillas con diámetro mayor al requerido por el departamento de calidad. En promedio el cambio de pastillas consume 30 minutos de tiempo productivo.
Toma de temperatura por supervisor	La toma de tempera se realiza un día a la semana y consume un tiempo productivo de 10 minutos.
Defectos de materia prima	Es un factor determinante en el proceso debido a que de éste depende en un gran porcentaje el tiempo total de producción. Las condiciones de dicho factor afectan, el proceso productivo ( <i>ver anexo E, figura 89 a 93 de la página 252</i> )

Proceso de trefilado	El proceso de trefilado varía según el tiempo de las anteriores actividades y calidad de la materia prima. En un día de trabajo normal (tomando en cuenta los paros mencionados anteriormente) el proceso de trefilado por máquina varía desde 180 a 200 minutos.
----------------------	---

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.7.2. Área de galvanizado

Haciendo uso de cada una de los pasos que pertenecen a la metodología presentada en el numeral 3.6, se observa que no existe mayor incidencia de los tiempos muertos por lo que en el capítulo 5 se plantea la propuesta de una guía para el control de gases en dicha sección.

Para el cálculo de eficiencia en el área de galvanizado, se debe de encontrar una relación entre la capacidad teórica productiva y la capacidad real productiva y luego dicho factor debe ser multiplicado por 100, con el fin de conocer el porcentaje de trabajo en dicha área.

El porcentaje de eficiencia de trabajo en el área de galvanizado es:

Producción real (qq / día) = 460.79 qq/día

Producción teórica (qq / día) = 468.94 qq/día

$$\% \text{ eficiencia galvanizado} = (416.79/468.94)*100 = 98.26\%$$

Debido a que el porcentaje de eficiencia en el área de galvanizado es aceptable para la planta de clavo y alambres, se plantea la propuesta de una guía para el control de gases en dicha área, la cual se detalla en el capítulo 5. Como ya se mencionó anteriormente en la descripción del proceso de galvanización, existen factores que determinan la eficiencia de trabajo (*ver tabla XIV*) en la sección de galvanizado.

Tabla XIV. **Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de galvanizado, catalogados como tiempos muertos**

Nombre de la actividad	Observaciones
Traslado de materia prima a la sección de galvanizado.	El traslado de materia prima a dicha sección depende de la cantidad requerida y tiempo disponible del operador del montacargas.
Materia prima defectuosa	La materia prima se denomina defectuosa cuando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su composición química no es la adecuada.</li> <li>• Oxidación del alambre por exposición a humedad.</li> <li>• Partes continuas de aplicación de mala soldadura.</li> </ul>
Proceso de galvanizado	El proceso de galvanizado dependerá de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los factores antes mencionados.</li> <li>• Descontrol de temperatura en horno de recocido y de zinc.</li> <li>• Temperatura de enfriamiento inadecuada.</li> <li>• Mal manejo de materia prima.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desperfectos en motores y turbos de aire.</li> </ul>
--	---

Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.7.3. Área de espigado

Dentro del área de espigado la sección cuenta con un número de 8 máquinas, que se encargan de elaborar el alambre de espigado, como ya se mencionó en el capítulo 2. Para el cálculo de eficiencia en el área de espigado se debe utilizar una adecuada metodología de tiempos, para éste caso se tiene:

Para el cálculo de eficiencia en dicha área se deben de realizar dos tipos de metodología, las cuales se detallan a continuación:

#### a) Metodología de revoluciones de maquinaria

La metodología de revoluciones de maquinaria se muestra a continuación:

- Realizar análisis visual para el grupo de máquinas de la sección.
- Por medio de un tacómetro tomar 6 muestras y calcular un promedio de las mismas.
- Las muestras deben de tomarse en el volante de la máquina (*ver anexo A, figura 54 de la página 210*) que posee un movimiento giratorio y a la vez es el punto más adecuado para dicha toma de muestras.
- Realizar los pasos anteriores para el resto de las máquinas de la sección.

## **b) Metodología de toma de tiempos**

La metodología de toma de tiempos que debe realizarse para el área de espigado, se muestra a continuación:

- Realizar análisis visual para el grupo de máquinas de la sección.
- Por medio de cronómetros digitales, preferiblemente con capacidad de almacenaje en memoria, se debe cronometrar 6 muestras y calcular un promedio de las mismas.
- El tiempo a cronometrar debe de analizarse desde que la máquina arranca con el proceso de alambre espigado, hasta que finaliza el mismo. Para éste tipo de maquinaria existe una holgura respecto al tiempo final, ya que dicha maquinaria no detiene su actividad productiva al instante, sino que lo realiza lentamente, por lo que depende del analista la exactitud en dicha toma de tiempos.
- Cada una de las muestras debe de realizarse bajo condiciones ideales, o sea que durante el proceso no deben existir paros de ningún tipo. De suscitarse dicha condición la toma de tiempos no servirá y debe de realizarse nuevamente.
- Realizar los pasos anteriores para el resto de las máquinas de la sección.

Para el cálculo de eficiencia en el área de espigado se deben conocer las variables necesarias para dicho cálculo, siendo éstas la producción real; que será la cantidad de rollos por día producidos por las ocho máquinas de espigado y la producción teórica; que será la cantidad de rollos por día producidos por el mismo número de máquinas solo que bajo condiciones ideales necesarias en el proceso.

El motivo por el cual se plantean dos metodologías a utilizar dentro de la sección, es para identificar si la máquina que presenta mayor número de revoluciones por minuto es la que también consume la menor cantidad de tiempo, al momento de elaborar un rollo de espigado.

Cabe mencionar que los datos reales de producción que se muestran a continuación, son el resultado de llevar a cabo la metodología de toma de tiempos en cada una de las ocho máquinas y la suma de dichos resultados corresponde a la producción real del proceso.

**Datos:**

Producción real = 348 rollos / día

Producción teórica = 846 rollos / día

Por lo tanto tenemos:

$\% \text{ eficiencia} = (\text{producción real} / \text{producción teórica}) * 100$

$\% \text{ eficiencia} = (348 / 846) * 100$

$\% \text{ eficiencia} = 41.14 \%$

El porcentaje de eficiencia anterior significa que existe un 58.86% de pérdida productiva que resulta de la diferencia entre el 100% y el 41.14%. Dentro del área de espigado, el porcentaje de eficiencia de trabajo se ve afectada por cierto número de condiciones (*ver tabla XV de la página 72*) que determinan el incremento o decremento de producción dentro de dicha sección.



Tabla XV. **Actividades que determinan la eficiencia de trabajo en el área de espigado, catalogados como tiempos muertos**

Nombre de la actividad	Observaciones
Traslado de materia prima a la sección de espigado.	<p>Ésta actividad se ve afectada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de tiempo que tenga el operador del montacargas,</li> <li>• Suministro justo a tiempo de alambre galvanizado.</li> <li>• Comunicación eficaz entre bodega de materia prima y sección de galvanizado así como de espigado.</li> </ul>
Desperfectos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo que se consume en la reparación de maquinaria varía según la gravedad del desperfecto.</li> </ul>
Proceso de espigado	<p>Dependerá de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándares adecuados de calidad de la materia prima.</li> <li>• Número de operadores en la sección.</li> <li>• Conocimientos del operador sobre dicho proceso.</li> </ul>

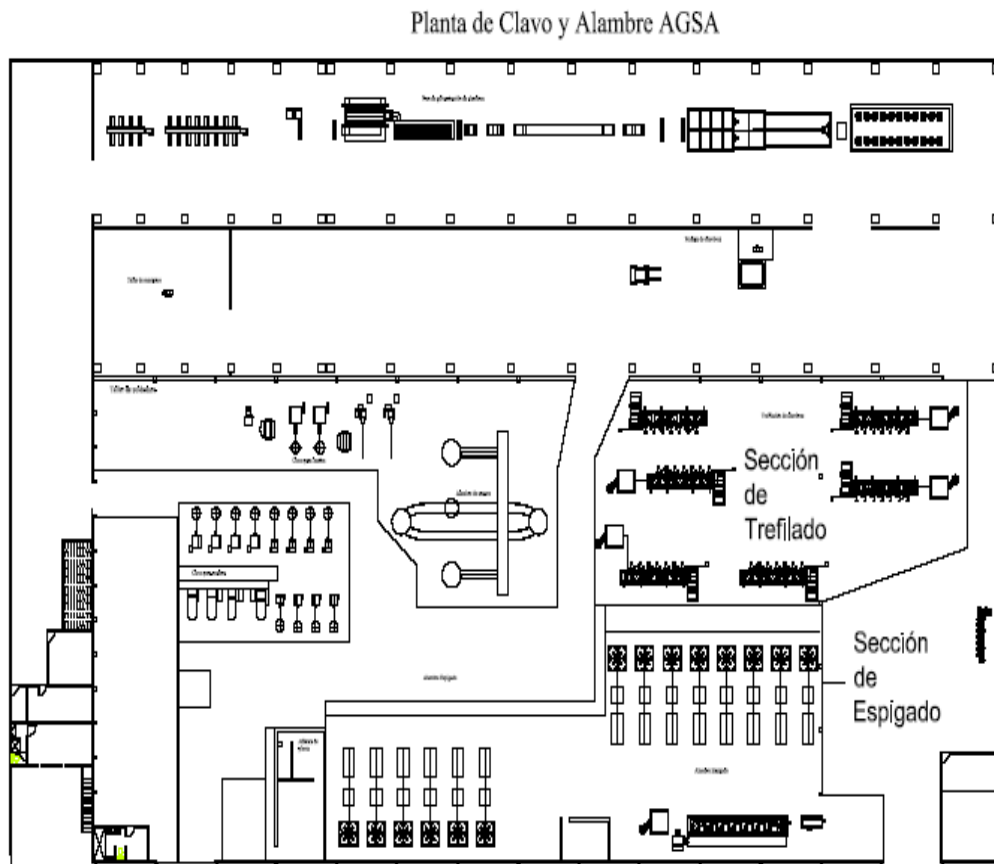
Fuente: Aceros de Guatemala, S.A.

En el capítulo 4 se detallan los cálculos que fueron necesarios realizar para determinar la eficiencia de trabajo en el área de espigado.

### **3.8. Layout actual de la planta**

En la figura 11 de la página 74, se presenta el diagrama de ubicación actual de la maquinaria que es utilizada para cada uno de los procesos productivos dentro de la planta de clavo y alambres, en donde se evidencia que en el área de trefilado las máquinas que pertenecen a esta área no se encuentran dentro de la misma; de igual manera la sección de espigado se encuentra dividida en 2 partes, lo que ocasiona que el operador del montacargas deba de trasladar materia prima o producto terminado en dos direcciones y esto refleja un retraso de tiempo que repercute en el proceso de espigado. En el caso de galvanizado, su área se encuentra delimitada únicamente para dicha sección y debido a que la maquinaria es grande, los traslados de materia prima y producto terminado no se ven afectados por la distribución de maquinaria existente.

Figura 11. **Layout de la planta de clavo y alambres**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

### 3.9. **Enfermedades ocupacionales**

Por las características de cada uno de los procesos productivos con los que cuenta la planta de clavo y alambres, en especial para el área de trefilación, espigado y galvanizado, el personal administrativo como no administrativo corren el riesgo de contraer enfermedades al momento de permanecer por mucho tiempo expuestos a condiciones que afecten la salud del personal en un tiempo dado.

El hecho de que el personal de la planta de clavo y alambres adquiera ciertas enfermedades, ocasiona que dentro de las áreas de trabajo exista rotación de personal, el cual en su mayoría no posee experiencia o si la posee, es muy poca; por otro lado se corre el riesgo de que el personal enferme y según la gravedad del caso, pierda la vida. Por lo que la planta, así como la empresa en general se pueden ver involucradas en demandas por no prevenir dichas enfermedades o evitar accidentes que provoquen pérdidas humanas.

Normalmente las enfermedades adquiridas dentro de las empresas, dependiendo de la actividad productiva a la que se dediquen, tienen un impacto en la persona a largo plazo; lo que provoca un decremento en la eficiencia productiva, tanto para el operador como para la empresa y en el mayor de los casos cuando las personas comienzan a padecer síntomas de enfermedad, éstos ya no laboran en las instituciones.

Las enfermedades que puede adquirir el personal por exposiciones prolongadas en la planta de clavo y alambres se muestra en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Enfermedades adquiridas por exposiciones prolongadas**

Enfermedad	Agente
Intoxicación de metales	Soldadura (vapores)
Irritación de ojos, catarata, ceguera	Soldadura (radicación)
Hepatitis, amebiasis, tifoidea y parasitismo, cólera	Agua y alimentos contaminados
Sordera, alteración nerviosa y cardiaca, insomnio.	Ruido
Deshidratación, vejez prematura, desorientación, calambres	Exceso de Calor

Problemas respiratorios	Exposición excesiva a polvos metálicos sin uso de equipo protección adecuado
Problemas renales	Aplicación de calor intenso en área renal del operador.
Síndrome del mal del gatillo, túnel del carpo	Utilización inadecuada de herramientas ergonómicas

Fuente: Clínica médica planta de clavo y alambres. Aceros de Guatemala, S.A.

Una vez analizadas cada una de las enfermedades en las que el trabajador de la planta de clavo y alambres está expuesto a un tiempo prolongado, se procede a la utilización obligatoria y adecuada de un Equipo de Protección Personal (EPP), con la finalidad de disminuir el riesgo de enfermedades ocupacionales en el área de trabajo. Para cada una de las secciones de trabajo dentro de la planta el equipo de protección personal consiste en la utilización de:

- a) Casco para proteger la cabeza del trabajador.
- b) Mascarilla para evitar la inhalación de partículas volátiles y/o gases tóxicos.
- c) Guantes para proteger las manos del trabajador de todo elemento que ponga en riesgo la condición física del mismo.
- d) Cinturón para evitar toda lesión interna en las extremidades medias del trabajador.
- e) Gafas para proteger los ojos del trabajador de todo elemento que ponga en riesgo la salud del mismo.
- f) Botas adecuadas para evitar cualquier herida punzo cortante.

## **4. MEJORA DE CONTROL DE TIEMPOS MUERTOS PARA LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE, EN ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**

### **4.1. Clasificación para el proceso de producción**

Los procesos productivos pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Lineal
- Intermitente
- Por proyecto

- **Proceso productivo lineal**

Es aquel proceso donde el producto siempre se somete a la misma secuencia de operaciones desde un extremo a otro de la línea de fabricación.

- **Proceso productivo intermitente**

Es aquel proceso donde el producto pasa por unos centros de trabajo u otros en una secuencia variable, según sus especificaciones.

- **Proceso productivo por proyecto**

Es aquel proceso donde existe un flujo de operación único para un producto en particular.

Para el caso de la planta de clavo y alambres, el tipo de proceso productivo es del tipo lineal ya que dicha planta cuenta con tres áreas como ya se mencionó en capítulos anteriores, donde se elabora un tipo de proceso en particular por cada área de producción y por ende desde que inicia el proceso hasta que finaliza, no posee interrupciones, existe una secuencia prescrita, acoplamiento de tareas individuales, existe equipo especializado, el producto es estandarizado y es eficiente pero inflexible.

#### **4.2. Elaboración de formatos de toma de tiempos**

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta muy importante a utilizar en cualquier tipo de empresa, sea ésta pequeña, mediana o grande. Un formato es un documento de suma importancia y beneficio para el usuario, del cual podrá hacer uso en el momento que desee, proporcionando a la vez información adecuada dependiendo del tipo del análisis que se quiera obtener al final de la utilización de la documentación pertinente.

Como se pudo observar en el capítulo 3, la planta de clavo y alambres no cuenta con diseños referentes a formatos de toma de tiempos para el control de tiempos muertos. Es por ello que como punto de partida para las mejoras y puesta en marcha de dicho proyecto se debe de contar con formatos adecuados que a la vez sirvan como base de apoyo para sus posteriores cálculos.

En la figura 14 y 15 de la página 80, se presentan los formatos que se utilizaron para la toma de tiempos en cada una de las áreas en estudio. Cabe mencionar que por el tipo de maquinaria con la que se trabaja, se elaboraron 2 tipos de formatos: el primero fue utilizando un formato para toma de revoluciones por medio de un *tacómetro* (ver figura 12 de la página 79) y el

segundo fue utilizando un formato de toma de tiempos por medio de *cronómetros* (ver figura 13) para la toma de tiempos y lograr con ello una comparación, obteniendo de igual forma una conclusión que ayude a determinar qué método es el más adecuado y que se ajusta a las condiciones de trabajo.

Figura 12. **Tacómetro (CMPS90) para toma de revoluciones**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Figura 13. **Cronómetro para toma de tiempos**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Se realizó un muestreo referente al formato de toma de tiempos y toma de revoluciones (ver figura 14 de la página 80) para el área de trefilado, los cuales pueden apreciarse en el *anexo C, figura 71 de la página 225*.




Figura 14. Formato de toma de revoluciones para la sección de trefilación

MAQUINAS	VELOCIDAD			DIAMETROS (Cm)			Radio de alambr (Mts)	Area (M <sup>2</sup> )	Calbre	MOTOR	REVOLUCIONES(R/PM)				Técnic (eq / dia)	Real (eq / día)	EFICIENCIA		
	3ra.	2da.	1ra.	REDUCTORA		BOBINAS					ENTRADA	SALIDA	1er PASO	Último PASO				Técnic	Real
				MOTOR	REDUCTORA														
M1																			
M2																			
M4																			
M6																			
M7																			
M9																			

Fuente: Trabajo de campo

Figura 15. Formato de toma de tiempos para la sección de trefilación

			
Hoja de Control de toma de Tiempos Sección de Trefilado (Cronómetro)			
Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____
Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____
Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____	Trefiladora #: _____ Calibre: _____ Diámetro: _____ RPM Cabezal: _____ RPM Ult. Paso: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____ Tiempo: _____

Fuente: Trabajo de campo

### 4.3. Toma de tiempos

El estudio de tiempos y movimientos tiene como base fundamental el uso de del control y toma de tiempos analizando cada una de las condiciones que afecten el tiempo productivo en la planta. Existen 2 métodos a utilizar en la planta de clavo y alambres, los cuales se detallan a continuación:

**1) Método de toma de revoluciones:** consiste en la utilización de un tacómetro, el cual es un aparato que se encarga de determinar el número de revoluciones por minuto, en cualquier pieza ó parte de la maquinaria en estudio, que posea un movimiento circular. Debido a que las máquinas de la sección de trefilado, galvanizado y de espigado trabajan bajo un sistema de engranajes y discos, resulta ser un método muy eficiente.

Éste método es utilizado en la planta de clavo y alambres, con el fin de determinar capacidades productivas en aquellas máquinas donde se permite dicho análisis, así como ayuda a determinar la velocidad de trabajo en el equipo. En su mayoría toda maquinaria posee un eje principal, que permite la aplicación de éste método, tales como motores, cajas reductoras, sistema de poleas, etc.

El motivo por el cual se utiliza este método es porque las máquinas trefiladoras poseen 6 pasos (*ver figura 16, página 83*) que son los puntos fundamentales de la maquinaria; ya que en éstos puntos es donde el alambre sufre su deformación y reducción necesaria por medio de la caja de dados. Dichos pasos poseen una forma circular, lo cual beneficia en la utilización de dicho método.

Figura 16. **Pasos de máquina trefiladora que experimenta movimiento radial**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

**2) Método de toma de tiempos:** consiste en la utilización de cronómetros para tomar el tiempo de producción de trabajo de la maquinaria. Éste método resulta ser de suma importancia y de gran ayuda, ya que a partir de una serie de lecturas de tiempos se puede determinar la capacidad productiva de la máquina, el tiempo equivalente a pérdida de producción, el porcentaje de eficiencia de trabajo por máquina, así como todas aquellas condiciones mencionadas en el capítulo 3 que determinan el decremento o incremento de la producción, logrando con ello identificar los posibles puntos críticos durante el proceso productivo.

El motivo por el cual se utiliza este método, se debe a que por medio de los tiempos se pueden obtener datos más reales y eficaces en cualquier tipo de cálculo estadístico del cual se requiera hacer uso.

Tanto el método de toma de revoluciones como el método de toma de tiempos son utilizados en el área de trefilado, galvanizado y espigado. Con el

primer método se identifica qué máquina es la más rápida en base a su número de revoluciones que experimenta y en el segundo método se identifican tiempos exactos durante el proceso productivo que benefician o perjudican al mismo, que a la vez será la máquina que tarde menor tiempo en realizar dicho proceso. Por lo tanto la razón de utilizar ambos métodos, es con el motivo de determinar si efectivamente la máquina más rápida en base a revoluciones por minuto es de igual forma la máquina que menos tiempo tarda en realizar el proceso productivo. Así mismo ambos métodos permiten determinar la capacidad productiva de la máquina, donde el primer método es más complejo de utilizar que el segundo método, debido a las variables a considerar tales como: RPM de la bobina, diámetro del alambre, tipo de calibre a utilizar, factores de conversión, RPM del motor, entre otras. Más adelante se presentan ejemplos sobre la aplicación de dichos métodos.

#### **4.4. Suma de tiempos y quintalaje de producción**

- **Sección de trefilación**

Una vez ya realizado los formatos de trabajo para la toma de tiempos en el área de trefilación se calculan dichos parámetros para lograr establecer una producción teórica en dicha sección. En la tabla XVII de la página 87, se muestran las revoluciones por minuto en cada máquina de trabajo dentro de la sección de trefilado. Donde los valores que se aparecen en dicha tabla fueron determinados siguiendo paso a paso la siguiente metodología de trabajo:

- a) Realizar un análisis de máquina, para identificar el número de velocidades de trabajo.
- b) Realizar una toma de 6 muestras de revoluciones por minuto en la polea del motor de la máquina, utilizando un tacómetro.

- c) Realizar un promedio de las 6 muestras para determinar el número de revoluciones por minuto.
- d) Analizar, identificar y realizar 6 muestras de toma de revoluciones por minuto en la caja reductora de la máquina, tanto en la entrada como salida de la misma.
- e) Elaborar un promedio de las 6 muestras de toma de revoluciones, tanto en la entrada como salida de la máquina reductora.
- f) Realizar 6 muestras de toma de revoluciones en el primer paso y último, para identificar la velocidad.
- g) Elaborar un promedio del muestreo de toma de revoluciones, tanto para el primer como último paso.
- h) Calcular el número de revoluciones por minuto teórico, que resulta del producto del número de revoluciones en el último paso y el diámetro de la bobina que es de 1.624 mts.

Cabe destacar que si se observan detenidamente los valores de RPM en las bobinas (*antepenúltima y penúltima columna de la tabla XVII de la página 87*), tanto para el primer paso como último; dicho número aumenta, por lo que se puede determinar que la velocidad aumenta en cada paso de la máquina. Así mismo los valores que se muestran sombreados en la última columna de dicha tabla identificada con el apartado RPM teórico, hace referencia a las RPM máximas que trabaja la máquina trefiladora, donde se puede identificar claramente que la TR-06 y TR-07 son las mas rápidas y que su relación es inversamente proporcional a número de RPM en la salida de la máquina reductora.

Como ya se ha mencionado anteriormente, existe la máquina TR-10, que por ser del tipo computarizado trabaja a una velocidad de 15 m/s, aunque la máxima velocidad para la cual fue diseñada es de 25 m/s.

A continuación se muestran los cálculos que dan origen a los datos de la tabla XVII, tomando de referencia la máquina trefiladora número uno (TR-01) y la máxima velocidad de trabajo de la misma. Los cálculos para el resto de la maquinaria se determinan de igual manera. Por lo que se tiene lo siguiente:

Datos:

Cm= TR-01

Pvdtrab= primera, segunda y tercera

Vdtmax= segunda

RPM-m= 1794

RPM-reden=  $((628.56+628.52+629.36+628.56+628.61+628.31)/6) = 628.65$

RPM-redsa=  $((183.29+182.78+182.82+182.45+182.67+182.79)/6) = 182.80$

RPM-bpp=  $((61.80+61.97+60.45+62.54+61.89+62.42)/6) = 61.85$

RPM-bup=  $((221.26+220.21+220.34+219.74+220.11+220.34)/6) = 220.33$

Db= 1.624 m/s

RPM-teor=  $(220.33 * 1.624) = 357.82$

**Donde:**

Variables	Significado
Cm	Código de máquina
Pvdtrab	Posibles velocidades de trabajo
Vdtmax	Velocidad de trabajo máxima
RPM-m	Promedio de revoluciones por minuto en el motor
RPM-reden	Promedio de revoluciones por minuto en la entrada de la reductora
RPM-redsa	Promedio de revoluciones por minuto en la salida de la reductora
RPM-bpp	Promedio de revoluciones por minuto en a bobina del primer paso
RPM-bup	Promedio de revoluciones por minuto en la bobina del último paso
Db	Diámetro de la bobina
RPM-teor	Cálculo de revoluciones por minuto teórico

Tabla XVII. Toma de revoluciones en el área de trefilación por máquina

Código de máquina	Velocidad	RPM Motor	RPM Reductora		RPM Bobinas		RPM Teórico
			Entrada	Salida	1er. Paso	Ultimo paso	
TR-01	3ra.	1794					
	2da.		628.65	182.80	61.85	220.33	357.82
	1ra.		631.65	130.15	44.15	130.20	211.44
TR-02	3ra.	1797					
	2da.		652.65	165.95	56.63	166.13	269.80
	1ra.		655.90	116.50	39.67	117.03	190.06
TR-04	3ra.	1786	621.27	190.17	64.01	233.37	378.99
	2da.		622.87	164.13	55.93	199.53	324.04
	1ra.		622.86	135.86	46.20	165.23	268.33
TR-06	3ra.	1786	778.25	225.70	76.65	273.07	443.47
	2da.		780.50	193.80	65.80	235.40	382.29
	1ra.		782.55	158.00	53.75	192.75	313.03
TR-07	3ra.	1791	778.07	223.07	76.13	271.00	440.10
	2da.		776.30	192.87	65.70	155.47	252.48
	1ra.		780.37	157.33	53.63	127.10	206.41
TR-09	3ra.	1794	1421.33	196.63	66.87	238.67	387.60
	2da.		1424.00	168.60	57.23	204.70	332.43
	1ra.		1425.67	138.00	46.93	167.93	272.72
TR-10	15 m/s						761.25

Fuente: Trabajo de campo

■ RPM máxima de trabajo

Los tiempos forman parte importante en el proceso productivo para el área de trefilación, por lo que en la tabla XVIII de la página 89, se muestran los tiempos de trabajo analizados en dicha área. Donde los valores que se muestran fueron determinados siguiendo paso a paso la siguiente metodología:



- a) Determinar el tipo de calibre a trefilar por cada unidad de trabajo en la sección de trefilado.
- b) Realizar 6 muestras de toma de tiempos en que la máquina trefiladora es capaz de llenar una canasta.
- c) Realizar un promedio de las 6 muestras, a fin de determinar la cantidad de producto trefilado por minuto.

A continuación se muestran los cálculos que dan origen a los datos de la tabla XVIII, tomando de referencia la máquina trefiladora número uno (TR-01) y la máxima velocidad de trabajo de la misma. Los cálculos para el resto de las máquinas se determinan de igual manera. Por lo que se tiene lo siguiente:

**Datos:**

Cm= TR-01

Cal= 16

Tp1c (qq/min) = 0.15

Tp2c (qq/min) = 0.15

Tp3c (qq/min) = 0.14

Tp4c (qq/min) = 0.15

Tp5c (qq/min) = 0.15

Tp6c (qq/min) = 0.15

Prom (qq/min) = (Tp1c + Tp2c + Tp3c + Tp4c + Tp5c + Tp6c)/6

Prom (qq/min) = (0.15 + 0.15 + 0.14 + 0.15 + 0.15 + 0.15)/6

Prom (qq/min) = 0.1487

**Donde:**

Variables	Significado
Cm	Código de máquina
Cal	Calibre a trefilar
Tp1c	Tiempo en llenar primer canasta
Tp2c	Tiempo en llenar primer canasta
Tp3c	Tiempo en llenar primer canasta
Tp4c	Tiempo en llenar primer canasta
Tp5c	Tiempo en llenar primer canasta
Tp6c	Tiempo en llenar primer canasta
Prom	Promedio

**Tabla XVIII. Toma de tiempos y quintalaje de producción en el área de trefilación por máquina**

	Código de Máquina	Calibre	Ciclos (qq / min)						Promedio (qq / min)
			1	2	3	4	5	6	
<b>TREFILACIÓN</b>	TR-01	16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.1487
	TR-02	15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.1341
	TR-04	15	0.19	0.17	0.20	0.18	0.18	0.19	0.1867
	TR-06	16	0.18	0.16	0.18	0.17	0.18	0.20	0.1803
	TR-07	16	0.18	0.16	0.18	0.19	0.18	0.19	0.1787
	TR-09	16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.1506
	TR-10 *	16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.2990

Fuente: Trabajo de campo

\* = Máquina automatizada con mayor número de capacidad productiva.

NA = No aplica

Para poder determinar lo anteriormente escrito, se debe de realizar un análisis de RPM versus tiempo de producción (*ver tabla XVII y tabla XVIII*). De donde puede observarse que la máquina más rápida por medio de RPM y de

toma de tiempos, es la TR-06; mas sin embargo los datos son muy similares en el resto de estaciones de trabajo. Por lo tanto puede comprobarse que efectivamente, la máquina más rápida por medio del método de revoluciones por minuto, es la que menos tiempo consume en llenar una canasta.

- **Sección de espigado**

Partiendo de la utilización de dos formatos distintos (*ver figura 14 y 17*), para el caso de la sección de espigado el formato de toma de revoluciones sirvió únicamente con el objetivo de poder encontrar un parámetro de velocidad (*ver tabla XIX de la página 95*) y lograr con ello la implementación de una mejora que beneficie a la sección. Por el tipo de maquinaria que se tiene en dicha sección, la mejora a implantar en la misma está basado en un análisis de relación de poleas, ya que en la tabla XIX se puede identificar claramente qué máquina posee mayor velocidad respecto al número de revoluciones por minuto experimentado y poder tomar como punto de partida la estación de trabajo más rápida. En lo que se refiere a control y toma de tiempos, dicho sistema fue de gran utilidad debido a que se determinó que los tiempos muertos existentes no inciden en la capacidad productiva de la sección; esto por medio de un análisis visual realizado en el área de trabajo y debido a que AGSA cuenta un sistema de pago a destajo, dicho sistema ayuda a reducir los tiempos muertos que puedan existir. Por lo que la mejora a implementar en dicha sección se plantea a partir del punto de vista mecánico y no desde el punto de vista laboral.

Figura 17. Formato de toma de revoluciones para el área de espigado

**Hoja de Control de toma de Tiempos**  
Sección de Espigado

**PRODUCTO**

Fecha	No. de Prueba	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
<b>PROMEDIO</b>															
Fecha	No. de Prueba	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
<b>PROMEDIO</b>															

Firma: \_\_\_\_\_

1

Fuente: Trabajo de campo

Formato de Control de Toma de Tiempos

Al realizar un análisis comparativo entre el número de revoluciones por minuto que experimentan las máquinas IOWA (*ver tabla XIX y tabla XX*) y el tiempo que las mismas se tardan en producir un rollo de alambre espigado, se puede identificar qué máquina de la sección es la más rápida y por ende la de mayor número de rollos producidos.

Así como se determinó que no existe mayor pérdida de tiempo, no existe un control por parte de los supervisores como del personal operador del área de espigado sobre aquellos paros debidos a fallas mecánicas o de mala calidad de la materia prima, por lo que se sugieren dos opciones a implementar por parte de la planta de clavo y alambres, que son las siguientes:

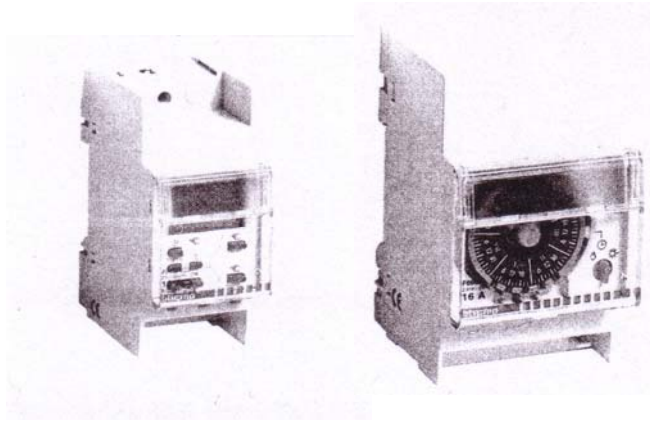
- **Utilización de formatos para el control de tiempos muertos.**

Donde a cada operador del área se le asigne un número determinado de máquinas sobre las cuales deba de llevar un control de paros. Donde el operador pueda reportar el número de máquina, fecha y hora del paro, fecha y hora del fin del paro, la duración entre el inicio y fin del paro, así como el motivo que provocó el paro de la maquinaria (*ver anexo E, figura 90 – 94 de la página 254*).

- **Compra de odómetros**

Éstos son aparatos que se colocan sobre la maquinaria con el propósito de llevar un control más exacto sobre el tiempo en que la máquina estuvo trabajando (*ver figura 18 de la página 93*) y así brindarle al analista una información más completa y detallada de dicho paro.

Figura 18. **Odómetro o interruptor de horario digital F67SR/11**



Fuente: Catálogo Btdin 2000. btcino pag. 25 y 26

En la tabla XIX de la página 95, se muestra el número de revoluciones de las máquinas utilizadas dentro de la sección de espigado. Para la deducción de dichos valores se debe seguir paso a paso la siguiente metodología de trabajo:

- a) Identificar la máquina que será objeto de análisis.
- b) Identificar un punto de giro, que ayude a determinar el número de revoluciones de trabajo. Normalmente la lectura debe de realizarse en el volante de la máquina, donde el rollo de alambre espigado es formado.
- c) Tomar 6 lecturas, haciendo uso de un tacómetro.
- d) Realizar un promedio de las lecturas, a fin de encontrar un parámetro de velocidad.
- e) Analizar cada uno de los promedios, para identificar la máquina mas rápida de la sección de espigado.

Como se puede observar en la tabla XIX, la máquina más rápida es la No. 8, la cual será el punto de partida para incrementar el número de revoluciones por

minuto en la máquina IOWA-01, IOWA-02, IOWA-06 e IOWA-07; logrando con esto estandarizar el volumen de producción en dicho grupo de maquinaria.

A continuación se muestran los cálculos que dan origen a los datos de la tabla XIX, tomando de referencia la máquina de espigado IOWA-01. Los cálculos para el resto de las máquinas se determinan de igual manera. Por lo que se tiene lo siguiente:

**Datos:**

Cm= IOWA-01

Cal= 15

RPM<sub>1</sub>= 380.54

RPM<sub>2</sub>= 382.82

RPM<sub>3</sub>= 381.34

RPM<sub>4</sub>= 381.65

RPM<sub>5</sub>= 381.65

RPM<sub>6</sub>= 381.60

Prom RPM = (RPM<sub>1</sub> + RPM<sub>2</sub> + RPM<sub>3</sub>+ RPM<sub>4</sub>+ RPM<sub>5</sub>)/6

Prom RPM = (380.54 + 382.82 + 381.34 + 381.65 + 381.65 + 381.60)/6

Prom RPM = 381.60

**Donde:**

Variables	Significado
Cm	Código de máquina
Cal	Calibre a trabajar en AG-400
RPM <sub>1</sub>	Muestra RPM número 1
RPM <sub>2</sub>	Muestra RPM número 2

RPM <sub>3</sub>	Muestra RPM número 3
RPM <sub>4</sub>	Muestra RPM número 4
RPM <sub>5</sub>	Muestra RPM número 5
RPM <sub>6</sub>	Muestra RPM número 6
Prom RPM	Promedio RPM

Tabla XIX. **Toma de revoluciones en área de espigado según estación de trabajo**

No. Máquina	No. Revoluciones
IOWA-01	381.80
IOWA-02	220.16
IOWA-03	446.50
IOWA-04	443.32
IOWA-05	471.54
IOWA-06	384.42
IOWA-07	394.34
IOWA-08	463.16

Fuente: Trabajo de campo

En la tabla XX de la página 97, se muestra los valores correspondientes a la toma de tiempos para las máquinas utilizadas dentro de la sección de espigado. Para la deducción de dichos valores se debe seguir paso a paso la siguiente metodología de trabajo:

- a) Identificar las máquinas que serán objeto de análisis.
- b) Tomar 6 lecturas, haciendo uso de cronómetros.



- c) Realizar un promedio de las lecturas, a fin de encontrar un parámetro de tiempo mínimo de producción de un rollo de alambre espigado por máquina.
- d) Analizar cada uno de los promedios, para identificar y comparar con los datos obtenidos por medio de la metodología de toma de revoluciones, si en realidad ambos resultados muestran qué máquina es la de mayor producción en base a dicho análisis.

En la tabla XX de la página 97, se muestran los tiempos de producción por cada estación de trabajo perteneciente a la sección de espigado, donde puede observarse claramente que la máquina IOWA-08 es la que menor tiempo consume al momento de elaborar un rollo de alambre espigado, por lo que confirma un punto de partida en la estandarización de capacidad productiva en dicha área.

A continuación se muestran los cálculos que dan origen a los datos de la tabla XX, tomando de referencia la máquina de espigado IOWA-01. Los cálculos para el resto de las máquinas se determinan de igual manera. Por lo que se tiene lo siguiente:

**Datos:**

$C_m = \text{IOWA-01}$

$C_a = 15$

$t_{1(\text{min})} = 14.21$

$t_{2(\text{min})} = 14.23$

$t_{3(\text{min})} = 14.17$

$t_{4(\text{min})} = 14.20$

$t_{5(\text{min})} = 14.23$

$$t_{6 \text{ (min)}} = 14.22$$

$$\text{Prom } t_{\text{(min)}} = (\text{RPM}_1 + \text{RPM}_2 + \text{RPM}_3 + \text{RPM}_4 + \text{RPM}_5) / 6$$

$$\text{Prom } t_{\text{(min)}} = (14.21 + 14.23 + 14.17 + 14.20 + 14.23 + 14.22) / 6$$

$$\text{Prom } t_{\text{(min)}} = 14.21$$

**Donde:**

Variables	Significado
Cm	Código de máquina
Cal	Calibre a trabajar en AG-400
<b>t<sub>1</sub> (min)</b>	Muestra número 1
<b>t<sub>2</sub> (min)</b>	Muestra número 2
<b>t<sub>3</sub> (min)</b>	Muestra número 3
<b>t<sub>4</sub> (min)</b>	Muestra número 4
<b>t<sub>5</sub> (min)</b>	Muestra número 5
<b>t<sub>6</sub> (min)</b>	Muestra número 6
<b>Prom t<sub>(min)</sub></b>	Promedio tiempos

**Tabla XX. Toma de tiempos y capacidad productiva en área de espigado según estación de trabajo**

Producto: AG – 400	Ciclos (rollo X min)						Promedio (rollo X min)
	1	2	3	4	5	6	
IOWA-01	14.21	14.23	14.17	14.2	14.23	14.22	14.2100
IOWA-02	15.28	15.27	15.27	15.25	15.24	15.28	15.2650
IOWA-03	12.54	12.58	12.45	12.53	12.49	12.45	12.5067
IOWA-04	13.20	13.16	13.19	13.23	13.2	13.1	13.1800
IOWA-05	13.32	13.32	13.33	13.34	13.36	13.32	13.3317
IOWA-06	14.25	14.27	14.25	14.24	14.23	14.27	14.2517
IOWA-07	14.39	14.41	14.45	14.41	14.43	14.45	14.4233
IOWA-08	12.24	12.23	12.25	12.23	12.26	12.25	12.2433

Fuente: Trabajo de campo

Finalmente al realizar un análisis comparativo de los resultados mostrados en la tabla XIX y XX, la máquina IOWA-08 es la que mayor número de revoluciones por minuto y menor tiempo de producción por rollo experimenta.

#### **4.5. Análisis de recursos necesarios**

Dentro del análisis de recursos necesarios con los que cuenta la planta de clavo y alambres, especialmente para la sección de trefilado, espigado y galvanizado, dichos recursos serán aquellos que formen parte tanto directa como indirectamente en el proceso y que provoquen a la vez un incremento o decremento de producción en un momento específico.

##### **4.5.1. Cálculo de producción**

Como ya se mencionó anteriormente en el capítulo 2, en el numeral 2.3.1 y 2.3.2, existen dos tipos de producción los cuales se manejan en la planta de clavo y alambres. Dichos conceptos se desarrollan a continuación.

###### **4.5.1.1. Producción teórica**

Una vez se han determinado los tiempos promedio de producción, tanto para la sección de trefilado y espigado, se procede a calcular la producción teórica de dichas secciones. Cuando se habla de producción teórica, se hace referencia a condiciones ideales de trabajo, donde no deben incluirse paros de ninguna clase y por lo tanto éste tipo de producción debe de ser aquel que brinde el punto de partida en materia de interpretación de resultados ideal para el proceso productivo.

Por otro parte, si al momento de calcular un dato de producción teórica se toman en cuenta todos aquellos paros como parte del proceso productivo, dicho valor no puede ser utilizado, por la falta de veracidad al momento de cualquier cálculo para el cual sea necesario la utilización de dicho parámetro productivo.

- **Sección de trefilación**

En la tabla XXI de la página 103, se presentan las producciones teóricas con las que cuenta la sección de trefilado, haciendo énfasis en el tipo de calibre a trabajar; esto después de comparar tanto el método de toma de revoluciones versus el método de toma de tiempo, donde ambos métodos son capaces de determinar un parámetro de producción teórica. Más sin embargo como se explicó en párrafos anteriores, el método de toma de tiempos tiene mejor aplicación, debido a que se pueden calcular todos los paros que se presenten durante el proceso productivo.

Analizados el método de toma de revoluciones y el método de toma de tiempos, se puede determinar que los datos presentados son muy similares al referirse a volúmen de producción, mas no así al tiempo de trabajo por parte del operador, donde se incluyen los paros no programados y que inciden en el decremento de la producción.

Para la sección de trefilación, el método a utilizar para la obtención de los resultados de producción teórica es el método de toma de revoluciones. Debido a que si se toman lecturas utilizando el método de toma de tiempos, dichas lecturas pueden mentir debido a que la maquinaria puede ser variada en su velocidad de trabajo por parte del operador. Por otro lado si se utiliza el método de toma de revoluciones, las lecturas a registrar se analizan en el penúltimo paso de la maquinaria, ya que éste paso es independiente de la velocidad que

experimente la máquina al momento de variar la velocidad en el último paso; y por consiguiente el volumen de producción en cada paso de la máquina debe ser el mismo, ya que la cantidad de alambre trefilado en el primer paso, debe ser la misma cantidad de alambre trefilado en el segundo paso y por lo tanto, la cantidad de alambre trefilado en el paso seis será la misma cantidad de alambre trefilado en el séptimo paso, esto, independientemente de la velocidad de trabajo.

Los datos que se muestran en la tabla XXI son resultado de una serie de cálculos. Para poder comprender de una mejor manera la obtención de dichos resultados, se plantea a continuación un ejemplo de cómo obtener el dato teórico de producción para la máquina trefiladora número 1, sin olvidar que los pasos a seguir para la obtención de resultados es el mismo para el resto de maquinaria.

Para el cálculo de los valores teóricos de producción diaria que se muestran en la tabla XXI se realizaron los cálculos que son el punto de partida al momento de determinar una eficiencia productiva.

- **Procedimiento a seguir para la obtención capacidad teórica productiva en la sección de trefilado por medio de RPM**
  - a) Se debe utilizar un tacómetro, tomando 6 muestras y sacando posteriormente un promedio con el fin de obtener dicho valor.
  - b) Las revoluciones por minuto teóricas para la TR-01, es el resulta del producto de las revoluciones por minuto en dicha máquina por el diámetro del último paso.
  - c) Conocer el valor de la densidad del hierro, el cual debe obtenerse de la investigación sobre dicho valor en libros de consulta.

- d) Se debe conocer en promedio el valor del radio que posee el alambre trefilado calibre 16 ó el calibre que se desee, el cual debe presentarse en dimensionales de metros.
- e) Una vez se conoce el radio del alambre, se procede a obtener el área el alambre trefilado calibre 16, el cual debe presentarse en dimensionales de metros cuadrados.
- f) Se debe conocer el diámetro que poseen las bobinas de cada paso; para éste caso el último paso que es donde el alambre sufre su última deformación al convertirse en alambre trefilado calibre 16.
- g) Si se desea conocer el valor teórico de capacidad productiva de un calibre distinto, se deben de seguir los 6 pasos anteriores, con la observación de que los valores corresponderán al calibre en estudio.

**Datos:**

$$\text{RPM-TR01} = 220.33$$

$$\text{RPM-TR01-}_{\text{teor}} = 357.81592$$

$$D_{\text{hierro}} = 78500 \text{ Kg/m}^3$$

$$R_{16} = 0.00085 \text{ mts}$$

$$A_{16} = 0.00000227 \text{ mts}^2$$

$$D_{\text{up}} = 1.624 \text{ mts}$$

$$1 \text{ hr} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ día} = 24 \text{ hrs}$$

$$1 \text{ qq} = 45.36 \text{ Kg}$$

Al aplicar la ecuación siguiente se obtiene el dato teórico de producción para la máquina trefiladora número uno. De igual manera se calculan los valores para las demás estaciones de trabajo.

$$Pt = ((A_{16} * D_{\text{hierro}} * 60 * 24)/45.36) * \text{RPM-TR01}_{\text{-teor}}$$

$$Pt = ((0.00000227 * 7850 * 60 * 24) / 45.36)) * 357.81592$$

$$Pt = 202.40 \text{ quintales por día.}$$

**Donde:**

Variable	Significado
RPM-TR01	Revoluciones por minuto en la máquina trefiladora número 1
RPM-TR01- <sub>teor</sub>	Revoluciones por minuto teórica en la máquina trefiladora número 1
D <sub>hierro</sub>	Densidad del hierro
R <sub>16</sub>	Radio del alambre calibre 16
A <sub>16</sub>	Área del alambre calibre 16
D <sub>up</sub>	Diámetro del último paso de la máquina trefiladora número 1
Pt	Producción teórica

La razón por la cual en la tabla XXI aparecen ciertos valores sombreados, es para identificar que la máquina está capacitada para trefilar de dicho calibre. Por ejemplo: la TR-01 está capacitada para poder trefilar alambre calibre 9, 14, 15, 16, mas sin embargo dicha máquina es utilizada la mayor parte del tiempo en el área elaborando alambre trefilado calibre 16.

Una observación que cabe resaltar es que una máquina trefiladora no puede producir más de dos calibres de alambre trefilado a la vez, ya que las condiciones de funcionamiento de la maquinaria no lo permiten.

Tabla XXI. Capacidad teórica productiva diaria en el área de trefilación

ÁREA DE TREFILACIÓN						
	Calibres					
	9	14	15	16	17	
TR-01	314.96	206.01	207.25	202.40		Teórico (qq / día)
TR-02	288.10	192.58	189.63	N A		
TR-04	410.10	270.32	266.38	214.38		
TR-06	390.14	255.68	257.59	250.85		
TR-07	388.33	254.13	254.77	248.94		
TR-09	341.50	223.24	224.56	219.25		
TR-10	1015.47	577.78	501.61	430.60		
	3148.60	1979.74	1901.79	1566.42		

Fuente: Trabajo de campo

■ Calibre normal de trabajo por maquinaria



- **Sección de espigado**

La capacidad teórica productiva dentro del área de espigado se mide en base a rollos por minuto. A diferencia de la sección de trefilado donde la logística de peso es de quintales por día.

A continuación se muestran los cálculos que dan origen a los datos de la tabla XXII de la página 106, utilizando el método de toma de tiempos, ya que éste brinda una mejor exactitud en resultados, comparado con el método de toma de revoluciones. Tomando de referencia la máquina de espigado IOWA-01. Los cálculos para el resto de las máquinas se determinan de igual manera. Por lo que se tiene lo siguiente:

**Datos:**

Cm= IOWA-01

Cal= 15

$t_{1 (min)} = 14.21$

$t_{2 (min)} = 14.23$

$t_{3 (min)} = 14.17$

$t_{4 (min)} = 14.20$

$t_{5 (min)} = 14.23$

$t_{6 (min)} = 14.22$

Prom  $t_{(min)} = (RPM_1 + RPM_2 + RPM_3 + RPM_4 + RPM_5)/6$

Prom  $t_{(min)} = (14.21 + 14.23 + 14.17 + 14.20 + 14.23 + 14.22)/6$

Prom  $t_{(min)} = 14.21$

Debido a que la máquina IOWA-01 tiene la capacidad de elaborar un rollo de alambre espigado en 14.21 min, se debe calcular la producción teórica de dicha maquina realizando los siguientes cálculos:

$$\text{Prom } t_{(\text{min})} = 14.21$$

$$1 \text{ día} = 1140 \text{ min}$$

$$1 \text{ rollo en } 14.21 \text{ min} = 1 / 14.21 = 0.07037 \text{ rollos por cada minuto}$$

Por lo tanto, se tiene lo siguiente:

$$Ctp = (\text{Prom } t_{(\text{min})} * 1440)$$

$$Ctp = (0.07037 * 1440) = 101 \text{ rollos / día}$$

**Donde:**

Variables	Significado
Cm	Código de máquina
Cal	Calibre a trabajar en AG-400
Ctp	Capacidad teórica productiva
<b>t<sub>1</sub> (min)</b>	Muestra número 1
<b>t<sub>2</sub> (min)</b>	Muestra número 2
<b>t<sub>3</sub> (min)</b>	Muestra número 3
<b>t<sub>4</sub> (min)</b>	Muestra número 4
<b>t<sub>5</sub> (min)</b>	Muestra número 5
<b>t<sub>6</sub> (min)</b>	Muestra número 6
<b>Prom t<sub>(min)</sub></b>	Promedio tiempos

Tabla XXII. **Capacidad teórica productiva diaria para el área de espigado**

Máquinas	Capacidad (Rollo X día)	
	AG-400	TORO
IOWA-01	101	0
IOWA-02	94	0
IOWA-03	115	0
IOWA-04	109	0
IOWA-05	108	0
IOWA-06	101	0
IOWA-07	100	0
IOWA-08	118	0
<b>TOTALES</b>	<b>846</b>	<b>0</b>

Fuente: Trabajo de campo

#### 4.5.1.2. Producción real

Como se sabe uno de los beneficios del control y toma de tiempos, es proporcionarle a la empresa las herramientas necesarias que ayuden al incremento en la productividad, logrando con esto beneficios económicos, tanto para la empresa como para el personal operativo. Es por eso que en el capítulo 3 se menciona una serie de actividades que determinan el decremento de producción, tanto en el área de trefilado como de espigado, mas no así en el área de galvanización, debido a que en dicha área los paros no son de consideración y por lo tanto se plantea una propuesta de trabajo y mejora en el capítulo 5.

La producción real en lo que se refiere al área de trefilado (*ver tabla XXIII de la página 108*) es variable, debido a ciertos factores, tales como:

- Velocidad de máquina.
- Experiencia del operador.
- Consumo de Datos.
- Calidad de los datos.
- Tipo de lubricante en seco a utilizar.
- Funcionamiento óptimo de la maquinaria

Los factores mencionados anteriormente se establecen mediante:

- Análisis visual.
- Recopilación de datos sobre consumo de recursos, proporcionado por la planta.
- Investigación y análisis de las máquinas trefiladoras, así como de la máquina rectificadora de dados que posee la planta para la elaboración de dicho recurso, el cual es indispensable para el proceso de trefilado.
- Entrevistas informales con el operador de la sección, para determinar su incidencia en el incremento o decremento de la producción.
- Investigación sobre los tipos de lubricante utilizados, de los cuales se hace mención en el capítulo 2.

Como se sabe, la planta de clavo y alambres cuenta con un software adecuado para recopilar toda la información referente a producción, para cada una de las áreas de trabajo; por lo que en la tabla XXIII se presentan valores reales de producción en la sección de trefilado, donde los datos que dan origen a dicha tabla resultan del promedio de producción de 4 semanas. Así mismo puede observarse en la tabla que la TR-02 y TR-04 son las de mayor capacidad productiva; esto debido al número de calibre a trefilar por dichas máquinas independientemente de la velocidad que experimenten las mismas.

Tabla XXIII. **Producción real para el área de trefilación**

No. Máquina	Calibre	Producción (qq / semana)
TR-01	16	799.23
TR-02	15	956.53
TR-04	15	1231.67
TR-06	16	1170.81
TR-07	16	960.71
TR-09	16	959.18
TR-10	16	968.99
<b>TOTAL</b>		<b>7047.12</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

TR = codificación de maquina trefiladora.

Por otra parte, en lo que se refiere a la producción generada por la sección de espigado (*ver tabla XXIV de la página 109*) posee ciertos factores a considerar, los cuales provocan una variabilidad en la capacidad productiva de cada máquina. A continuación se dan a conocer dichos factores:

- Experiencia del operador.
- Funcionamiento óptimo de la maquinaria.
- Recubrimiento óptimo de zinc en el alambre.
- Velocidad de trabajo por máquina.
- Características del producto final, así como cada una de las partes de la maquinaria que provocan la aparición de estas, entre las que se tienen: la distancia entre púa y púa que debe ser como mínimo de 9.5 mm, el largo de la púa que debe ser de 5 mm, la longitud del rollo de alambre espigado que debe ser de 400 varas, donde dichos datos son determinados bajo normas ASTM.

Donde los factores mencionados anteriormente se establecen mediante:

- Análisis visual.
- Recopilación de información sobre el tipo de maquinaria utilizada.
- Entrevistas informales con el operador de la sección, para determinar su incidencia en el incremento o decremento de la producción.
- Investigación sobre las características que posee el alambre de espigado, para determinar qué tanto repercuten dichos factores en la producción real de la sección.

Los datos que se muestran en la tabla XXIV han sido determinados por medio de una consulta en el software utilizado en la planta. Dichos resultados son el promedio de producción real generado a lo largo de tres semanas de trabajo.

Tabla XXIV. **Producción real para el área de espigado**

No. Máquina	Producto	Producción (rollos / semana)
IOWA – 01	AG – 400	2121
IOWA – 02	AG – 400	
IOWA – 03	AG – 400	
IOWA – 04	AG – 400	
IOWA – 05	AG – 400	
IOWA – 06	AG – 400	
IOWA – 07	AG – 400	
IOWA – 08	AG – 400	
<b>TOTAL</b>		

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

IOWA = Codificación de máquina de espigado

#### 4.5.1.3. Volúmen de producción

El volúmen de producción es aquel que brinda una información global sobre las capacidades productivas de la maquinaria de trabajo y por ende sirve para conocer lo bien o mal en que se están utilizando los recursos.

Tanto para el área de trefilación como de espigado, éstas deben contar con los recursos necesarios y que a la vez formen parte indispensable referente a los volúmenes de producción (*ver tabla XXV y XXVI de la página 110 y 111 respectivamente*) y funcionamiento eficaz de cada proceso en estudio.

Los datos que se muestran en la tabla XXV son el resultado de un promedio de volúmen de producción a lo largo de cuatro semanas, por medio de una recopilación de datos obtenidos del software “PLUS” utilizado en la planta de clavo y alambres, la cual comprende dicha sección.

Tabla XXV. **Volúmen de producción para el área de trefilación**

No. Máquina	Producción (qq / mes)
TR-01	3302.74
TR-02	3740.24
TR-04	4019.54
TR-06	4554.66
TR-07	4111.73
TR-09	3917.86
TR-10	4349.18
<b>TOTAL</b>	<b>27,995.95</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

TR = codificación de maquina trefiladora.

Los datos que se muestran en la tabla XXVI son el resultado de un promedio de volúmen de producción a lo largo de cuatro semanas en la sección de espigado, por medio de una recopilación de datos obtenidos del software “PLUS” utilizado en la planta de clavo y alambres, la cual comprende la sección.

Tabla XXVI. **Volúmen de producción para el área de espigado**

No. Máquina	Producción (rollos / mes)
IOWA – 01	12,004
IOWA – 02	
IOWA – 03	
IOWA – 04	
IOWA – 05	
IOWA – 06	
IOWA – 07	
IOWA – 08	
<b>TOTAL</b>	<b>12,004</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.  
IOWA = Codificación de máquina de espigado

Los datos que se muestran en la tabla XXVII de la página 112, son el resultado de un promedio de volúmen de producción a lo largo de cuatro semanas en la sección de galvanizado, por medio de una recopilación de datos obtenidos del software “PLUS” utilizado en la planta de clavo y alambres, la cual comprende dicha sección.



Tabla XXVII. **Volúmen de producción para el área de galvanizado**

No. Máquina	Producción (qq / mes)	
	Calibre a galvanizar	
	Calibre 14	Calibre 15
Máquina 1	1794.52	6930.21
Máquina 2		
<b>TOTAL</b>	<b>1794.52</b>	<b>6930.21</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

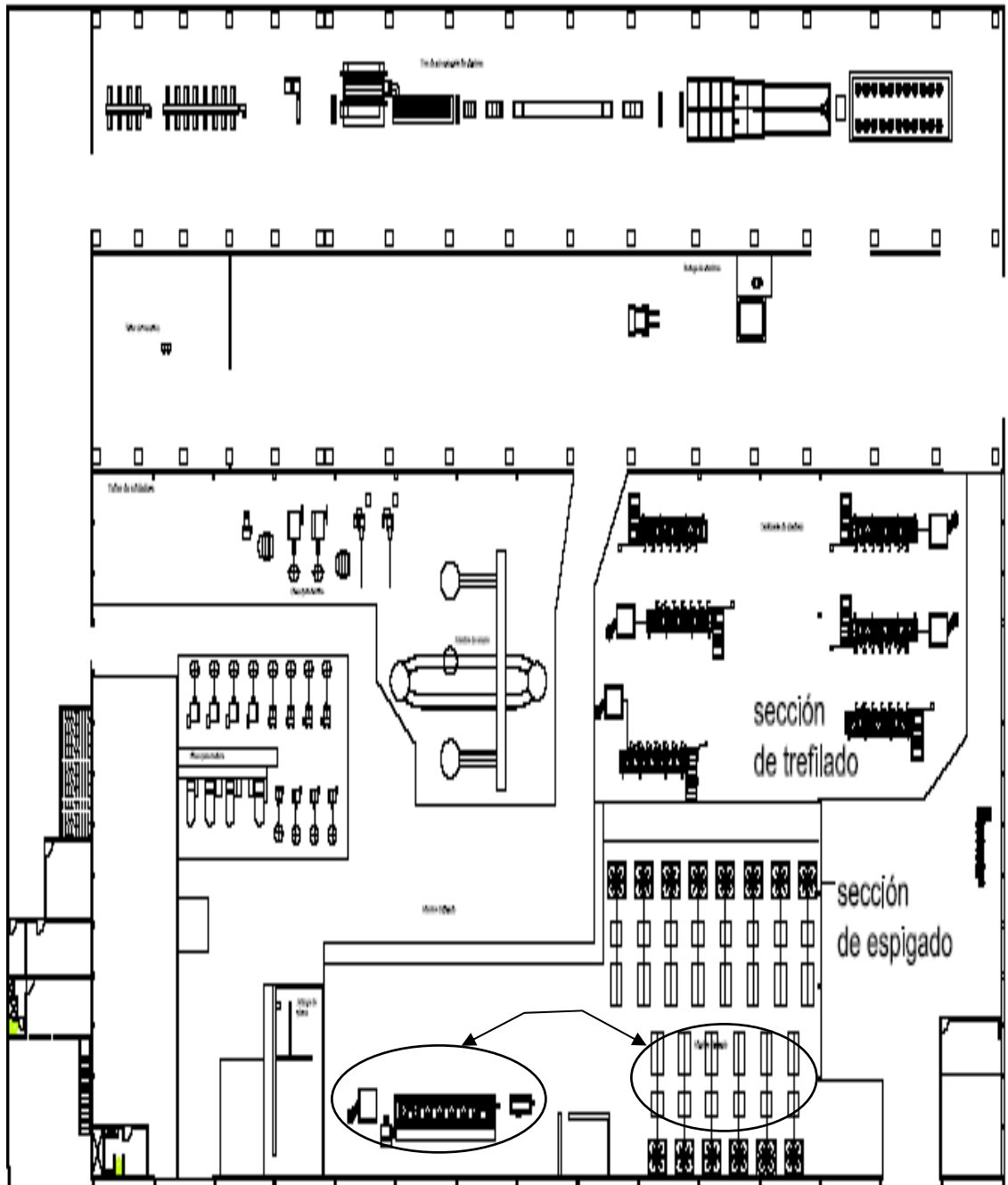
#### 4.6. Distribución de maquinaria

La distribución de la maquinaria para el área de trefilado, así como para el área de espigado (*ver figura 19* de la página 113) se ha modificado tomando como base una distribución por proceso y ubicación de la maquinaria. Ya que como se puede observar en el capítulo 3 la distribución de materia prima debía de trasladarse hacia dos puntos distintos, mientras que con la nueva distribución de maquinaria, el abastecimiento de materia prima se dirige hacia una sola ubicación, con la finalidad de reducir tiempos muertos presentados en dichas áreas.

Como se pudo observar en la figura 11, la distribución original cambia en la sección de trefilado y espigado, donde lo que se busca es reducir los tiempos de traslados de producto terminado hacia la báscula y bodegas correspondientes. Para trefilación se alinearon tres máquinas debido a su distribución inadecuada y para la sección de espigado se trasladaron las máquinas de dicha sección a un solo perímetro.

Figura 19. Distribución de maquinaria

Planta de Clavo y Alambre AGSA



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

## **4.7. Resultados obtenidos de cada sección**

En el área de trefilación y espigado se realizaron mejoras, las cuales ayudaron en el proceso productivo, beneficiando a la empresa en general como al recurso humano en materia de incentivos por producción.

### **4.7.1. Validación de tiempos en el área de trefilado**

La validación de tiempos es importante realizarla dentro de una planta productiva, ya que los mismos pueden analizarse y a la vez identificar si la mejora implementada ha brindado un resultado favorable, respecto al incremento de producción.

Para la sección de trefilado, a continuación se presenta un listado de puntos importantes que benefician o perjudican a la empresa en el incremento de producción.

- a) Materia prima en buen estado.
- b) Tipo de *lubricante en seco* a utilizar.
- c) Aumento en el número de pasos por máquina.
- d) Aumento de velocidad en maquinaria por medio de un nuevo sistema de poleas.
- e) Aplicación de nuevas metodologías de trabajo.

Cada uno de los puntos antes descritos, son críticos en el proceso de trefilado de alambre, por lo que al momento de centrarse en un punto en particular en esperas de mejora, se generaría un cambio gradual y controlado sobre el incremento de producción, el cual se muestra en la tabla XXVIII de la página 117. El punto a analizar fue el tipo de lubricante en seco utilizado, ya

que éste debe mantener la vida útil del dado de tungsteno, una lubricación adecuada en el alambre y que incremente la capacidad productiva en el área de trefilado al momento de su aplicación.

Como ya se mencionó anteriormente el lubricante en seco a utilizar en una máquina trefiladora es muy importante, ya que de éste depende que el operador tarde 30 minutos en calibrar al momento de cambiar pastillas de tungsteno o dados, es por ello que al momento de utilizar el lubricante necesario para dicha aplicación los beneficios en que incurre dicha inversión de compra son los siguientes:

- a) Menos cambio de pastillas (dados) de tungsteno.
- b) Menos pérdida de tiempo en cambio de pastillas.
- c) Ahorro a la empresa referente a compra de pastillas.
- d) Compra de lubricante con un solo proveedor por parte de la empresa.
- e) Incremento en el incentivo de producción para el operador.

Los beneficios antes mencionados se evidencian claramente en el ahorro generado por la planta al momento de utilizar el lubricante en seco adecuado (*ver tabla XLIV, página 156*).

Actualmente se utilizan dos tipos de lubricantes en seco: *polvo 2907* y *TR72* en el área de trefilación. Como parte de la mejora a implementar en el área de trefilación se realizaron 2 análisis de pruebas con dos distintos tipos de lubricantes (*ver figura 20 y 21 de la página 116*), donde dicho análisis se basa en utilizar los lubricantes por separado en cada una de las máquinas y determinar la producción generada (*ver tabla XXIX y XXXI*) y el consumo de dados (*ver tabla XXX y XXXII*).

Figura 20. **Lubricante HOLIFA utilizado en la sección de trefilado**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Figura 21. **Lubricante INDOL D67 C utilizado en la sección de trefilado**



Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Así mismo se presentan las especificaciones (*ver tabla XXVIII de la página 117*) más relevantes de dichos lubricantes a utilizar en el área. Si se observa detenidamente la tabla siguiente, existe un ítem denominado tipo de grano, el cual aparece con el resultado de mediano; esto significa que existen 3 distintos tipos de grano (fino, mediano y grande) en que puede ser presentado el lubricante en seco. El tamaño del grano del lubricante a utilizar se ve determinado por la velocidad de trabajo de la máquina, ya que el proveedor toma como punto de partida dicho aspecto.

Tabla XXVIII. **Lubricantes utilizados en análisis de rendimiento**

Nombre del lubricante	Observaciones
HOLIFA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricante resistente a altas temperaturas.</li> <li>• Lubricación y desgaste adecuado de las pastillas.</li> <li>• Origen: Venezolano.</li> <li>• Color: Blanco.</li> <li>• Tipo de grano: Mediano</li> </ul>
INDOL D67 C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricante resistente a altas temperaturas.</li> <li>• Lubricación y desgaste mínimo de pastillas de tungsteno.</li> <li>• Origen: Colombiano.</li> <li>• Color: Amarillo.</li> <li>• Tipo de grano: Mediano</li> </ul>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Las producciones reales que se muestran en la tabla XXIX de la página 119 y XXXI de la página 122, son el resultado de una recopilación de datos utilizando el software que posee la planta.

La producción real generada en la sección de trefilado por máquina es de suma importancia al momento de elaborar un análisis referente a capacidad productiva, ya que el objetivo primordial de la implementación del lubricante en seco es aumentar la producción de la sección de trefilado y minimizar el consumo de dados en la misma; donde dicho análisis puede realizarse ya sea diario, semanal, mensual e incluso anual.

Para motivos de análisis se tomará como unidad de tiempo: semana de producción para lograr una mejor apreciación de capacidad la productiva, donde los datos que se muestran al momento de utilizar el lubricante en seco HOLIFA e INDOL D67C provienen del software “PLUS” con que cuenta la planta.

Si se compara la producción, quintales por semana de la tabla XXIII y de la tabla XXIX, se percibe un incremento del 2.56% que equivale a 180.31 quintales por semana. Dicho porcentaje se calcula de la siguiente manera:

**Datos:**

$$P_{2907/TR72} \text{ (qq/semana)} = 7047.12$$

$$P_{\text{Holifa}} \text{ (qq/semana)} = 7227.43$$

$$I_p \text{ (qq / semana)} = P_{\text{Holifa}} - P_{2907/TR72}$$

$$I_p \text{ (qq / semana)} = 7227.43 - 7047.12 = 180.31$$

$$\% \text{ incremento} = (P_{\text{Holifa}} * 100) / P_{2907/TR72}$$

$$\% \text{ incremento} = (7227.43 * 100) / 7047.12 = 102.56 \%$$

$$\% \text{ incremento} = 102.56 - 100 = 2.56 \%$$

**Donde:**

Variables	Significado
$P_{2907/TR72}$	Producción utilizando lubricante 2907 y TR72
$P_{\text{Holifa}}$	Producción utilizando lubricante Holifa
$I_p$	Incremento de Producción
% incremento	Porcentaje de incremento de producción

A continuación se muestran los datos de producción real generada para la sección de trefilación utilizando el lubricante HOLIFA, donde el tiempo de producción que aparece en la tabla XXIX resulta de una relación entre la producción real (qq / semana) proporcionada por la sección, utilizando la base datos que poseen y 7200 min que es el tiempo de trabajo a lo largo de una semana de 5 días productivos, por ejemplo, para TR-01 el tiempo de producción se calcula de la siguiente manera:

Tiempo de producción (qq / min) = Producción real / 7200

Tiempo de producción (qq / min) = 823.53 / 7200 = 0.1143

Tabla XXIX. **Producción real generada para la sección de trefilación utilizando lubricante HOLIFA**

No. Máquina	Tiempo de producción (qq / min)	Producción real (qq/semana)
TR-01	0.1143	823.53
TR-02	0.1418	1020.96
TR-04	0.1541	1109.21
TR-06	0.1693	1219.18
TR-07	0.1401	1008.38
TR-09	0.1290	928.88
TR-10	0.1552	1117.29
<b>TOTAL</b>	<b>1.0038</b>	<b>7227.43</b>

Fuente: Trabajo de campo

Al momento de realizar la prueba con el tipo de lubricante HOLIFA (*ver tabla XXX de la página 120*), el consumo de dados se redujo en un 60% respecto al lubricante normal, ya que antes de la prueba de dicho lubricante, el consumo de dados semanalmente era de 150 dados, según datos proporcionados por la



sección de trefilado. El dadero es el encargado de proporcionar la información referente al número de dados cambiados.

Tabla XXX. **Consumo de dados utilizando lubricante HOLIFA**

No. Máquina	Número de dados cambiados
TR-01	7
TR-02	8
TR-04	7
TR-06	15
TR-07	4
TR-09	8
TR-10	11
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>

Fuente: Trabajo de campo

Como se puede observar en la tabla anterior el consumo de dados es de gran beneficio para la planta de clavo y alambres, así como para el personal de trefilación.

Debido a que con un solo tipo de lubricante, el solicitar un cambio del mismo sería prematuro, se realizó un segundo análisis de consumo de dados con otro tipo de lubricante (de origen Colombiano), por lo que al momento de realizar la prueba con el polvo *INDOL D67 C* el consumo de dados (*ver tabla XXXII de la página 123*) se redujo en un 50% respecto a la prueba uno y en un 78% respecto al lubricante de uso normal.

Si se compara la producción quintales por semana de la tabla XXIII de la página 108 y de la tabla XXXI, se percibe un incremento del 7.52% que

equivalente a 530.11 quintales por semana. Dicho porcentaje se calcula de la siguiente manera:

**Datos:**

$$P_{2907/TR72} \text{ (qq/semana)} = 7047.12$$

$$P_{\text{Indol D67C}} \text{ (qq/semana)} = 7577.23$$

$$I_p \text{ (qq / semana)} = P_{\text{Indol D67C}} - P_{2907/TR72}$$

$$I_p \text{ (qq / semana)} = 7577.23 - 7047.12 = 530.11$$

$$\% \text{ incremento} = (P_{\text{Indol D67C}} * 100) / P_{2907/TR72}$$

$$\% \text{ incremento} = (7577.23 * 100) / 7047.12 = 107.52 \%$$

$$\% \text{ incremento} = 107.52 - 100 = 7.52 \%$$

**Donde:**

Variables	Significado
$P_{2907/TR72}$	Producción utilizando lubricante 2907 y TR72
$P_{\text{Indol D67C}}$	Producción utilizando lubricante Indol D76C
$I_p$	Incremento de Producción
% incremento	Porcentaje de incremento de producción

A continuación se muestran los datos de producción real generada para la sección de trefilación utilizando el lubricante INDOL D76C, donde el tiempo de producción que aparece en la tabla XXXI de la página 123, resulta de una relación entre la producción real (qq / semana) proporcionada por la sección utilizando la base de datos que posee la planta y 7200 min que es el tiempo de

trabajo a lo largo de una semana de 5 días productivos, por ejemplo, para TR-01 el tiempo de producción se calcula de la siguiente manera:

Tiempo de producción (qq / min) = Producción real / 7200

Tiempo de producción (qq / min) = 951.96 / 7200 = 0.1322

Tabla XXXI. **Producción generada por la sección de trefilación utilizando lubricante INDOL D67 C**

No. Máquina	Tiempo de producción (qq / min)	Producción Real (qq / semana)
TR-01	0.1322	951.96
TR-02	0.1330	957.25
TR-04	0.1477	1063.73
TR-06	0.1633	1175.43
TR-07	0.1452	1045.70
TR-09	0.1558	1122.25
TR-10	0.1751	1260.91
<b>TOTALES</b>	<b>1.0523</b>	<b>7577.23</b>

Fuente: Trabajo de campo

En la tabla XXXII de la página 123, se muestra el consumo de dados utilizados al momento de realizar la prueba con el lubricante INDOL D67C, donde dichos datos fueron proporcionados por el dadero que se encarga de rectificar y pulir los dados.

Tabla XXXII. **Consumo de dados utilizando lubricante INDOL D67 C**

<b>No. Maquinaria</b>	<b>No. de Dados Cambiados durante semana de prueba</b>
TR-01	3
TR-02	4
TR-04	0
TR-06	12
TR-07	6
TR-09	0
TR-10	8
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>

Fuente: Trabajo de campo

#### **4.7.2. Validación de tiempos en el área de galvanizado**

Para la sección de galvanizado, los tiempos de producción se mantuvieron iguales, ya que como se mencionó en párrafos anteriores los paros son mínimos. En términos de paros para esta área, se estaría hablando en promedio de 3 paros al día, lo cual no refleja mayor incidencia. Por lo que se considera que son paros que no repercuten en el volúmen de producción generado por la sección de galvanizado.

Los tiempos de producción (*ver tabla XXXIII de la página 128*) pueden apreciarse claramente, así como la capacidad teórica productiva para el área de galvanizado.

Para realizar un cálculo de producción adecuado en el área de galvanizado se llevó a cabo la siguiente metodología:

1. El área de galvanizado cuenta con dos máquinas, las cuales se encargan de contener y enrollar el alambre galvanizado.
2. Cada máquina posee una forma circular, lo cual ayuda a poder tomar 6 lecturas de revoluciones por minuto, haciendo uso de un tacómetro (*ver figura 12 de la página 79*).
3. Se debe de conocer el diámetro (mm) del alambre galvanizado.
4. Se debe conocer el diámetro de las bobinas contenedoras de alambre, ya que por cada vuelta que experimente la bobina, se determina la longitud a enrollar por cada vuelta.

Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Producción teórica} = ((A_{16} * D_{\text{hierro}} * 60 * 24)/45.36) * \text{RPM-TR01-teor}$$

Para éste caso se debe tomar muy en cuenta que el alambre posee un recubrimiento de zinc, lo cual puede dar lugar a confusión sobre el valor del diámetro; mas sin embargo debido a que el recubrimiento es mínimo (5% según norma interna), el diámetro del alambre no varía independientemente si el calibre a trabajar es calibre 15 o 14, que es el producto a galvanizar normalmente.

Como ya se mencionó, el área de galvanizado cuenta con dos máquinas, de las cuales la máquina 1 (*ver anexo A, figura 51 de la página 208*) posee 8 bobinas y la máquina 2 (*ver anexo A, figura 52 de la página 209*) posee 16 bobinas que se encargan de enrollar y contener el alambre galvanizado. Para el cálculo de la capacidad teórica en quintales por día se tiene lo siguiente:

**Datos:**

$$\text{RPM-M01} = 14.80$$

$$\text{RPM-M02} = 14.50$$

$$\text{RPM-M01-teor} = 26.64$$

$$\text{RPM-M02-teor} = 26.10$$

$$D_{\text{hierro}} = 78500 \text{ Kg/m}^3$$

$$R_{15} = 0.00095 \text{ mts}$$

$$A_{15} = 0.00000282 \text{ mts}^2$$

$$R_{14} = 0.00105 \text{ mts}$$

$$A_{14} = 0.00000348 \text{ mts}^2$$

$$D_b = 1.800 \text{ mts}$$

$$1 \text{ hr} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ día} = 24 \text{ hrs}$$

$$1 \text{ qq} = 45.36 \text{ Kg}$$

**Donde:**

Variable	Significado
RPM-M01	Revoluciones por minuto en la máquina número 1
RPM-M02	Revoluciones por minuto en la máquina número 2
RPM-M01-teor	Revoluciones por minuto teórica en la máquina número 1
RPM-M02-teor	Revoluciones por minuto teórica en la máquina número 2
Dhierro	Densidad del hierro
$R_{15}$	Radio del alambre calibre 15
$R_{14}$	Radio del alambre calibre 14
$A_{15}$	Área del alambre calibre 15
$A_{14}$	Área del alambre calibre 14
$D_b$	Diámetro de la bobina tanto en la máquina 1 como máquina 2

Al aplicar la siguiente ecuación se obtiene el dato teórico de producción para cada una de las máquinas de galvanizado en una bobina. De igual manera se calculan los valores para las bobinas de dichas máquinas.

$$\text{RPM-M01-teor} = \text{RPM-M01} * \text{Db}$$

$$\text{RPM-M01-teor} = 14.80 * 1.800$$

$$\text{RPM-M01-teor} = 26.64$$

### **Cálculos:**

$$\text{Producción teórica-M01} = ((A_{15} * \text{Dhierro} * 60 * 24)/45.36) * \text{RPM-M01-teor}$$

$$\text{Producción teórica-M01} = ((0.00000282 * 7850 * 60 * 24) / 45.36) * 26.64$$

$$\text{Producción teórica-M01} = 18.72 \text{ quintales por día en una bobina.}$$

La máquina 2, por el hecho de poseer mayor número de bobinas puede enrollar y contener tanto alambre galvanizado calibre 15 como 14, por lo que se deben de realizar los cálculos pertinentes para ambos casos; en el primer caso se utiliza alambre galvanizado calibre 14 y el segundo caso se utiliza calibre 15:

### **Caso 1**

$$\text{Producción teórica-M02} = ((A_{14} * \text{Dhierro} * 60 * 24)/45.36) * \text{RPM-M02-teor}$$

$$\text{Producción teórica-M02} = ((0.00000348 * 7850 * 60 * 24) / 45.36) * 26.10$$

$$\text{Producción teórica-M02} = 22.63 \text{ quintales por día en una bobina.}$$

### **Caso 2**

$$\text{Producción teórica-M02} = ((A_{15} * \text{Dhierro} * 60 * 24)/45.36) * \text{RPM-M02-teor}$$

$$\text{Producción teórica-M02} = ((0.00000282 * 7850 * 60 * 24) / 45.36) * 26.10$$

$$\text{Producción teórica-M02} = 18.34 \text{ quintales por día en una bobina.}$$

Tanto para el primer como segundo caso en la máquina 2, el único valor a cambiar es el alambre manteniendo el número de revoluciones, por lo que resulta sencillo determinar la capacidad productiva diaria de ambas máquinas.

Dentro del área de galvanizado de un total de 24 bobinas (tomando en cuenta las 2 máquinas) normalmente 6 bobinas enrollan y contienen alambre galvanizado calibre 14 y el resto alambre galvanizado calibre 15. Por lo tanto, para calcular la producción teórica diaria en la sección se debe de multiplicar el valor de producción teórica por máquina y el número de bobinas que contienen el alambre galvanizado, ya sea calibre 14 o 15. Partiendo de dicho punto se tiene:

#### **Cálculos:**

$$\text{Producción teórica} = (18.72 * 8) + (22.63 * 6) + (18.34 * 10)$$

$$\text{Producción teórica} = 149.76 + 135.78 + 183.40$$

$$\text{Producción teórica} = 468.94 \text{ qq / día}$$

El motivo por el cual la máquina 2 trabaja ambos calibres, se debe a la demanda de producto que exista al momento de abastecer el área de espigado.

Una vez se conoce el dato de la producción teórica (*ver tabla XXXIII de la página 128*), se procede a calcular el porcentaje de eficiencia de trabajo en el área de galvanizado para lo cual se utiliza la misma ecuación requerida para el cálculo del porcentaje de oficia en el área de trefilado, donde dicho porcentaje es el calculado globalmente, o sea utilizando la producción teórica total y el dato de producción real es un promedio de un muestreo de dicho factor a lo largo de 6 días.



Tabla XXXIII. **Producción teórica para el área de galvanizado**

No. bobina	RPM		Calibres		Velocidad real	RPM teórico	(QQ / DIA) Teórico	
	LD	LI	LD	LI			LD	LI
1	14.8	14.8	15	15	27	26.64	18.72	18.72
2	14.8	14.8	15	15	27	26.64	18.72	18.72
3	14.8	14.8	15	15	27	26.64	18.72	18.72
4	14.8	14.8	15	15	27	26.64	18.72	18.72
5	14.5	14.5	14	14	25	26.10	22.64	22.64
6	14.5	14.5	14	14	25	26.10	22.64	22.64
7	14.5	14.5	14	14	25	26.10	22.64	22.64
8	14.5	14.5	15	15	25	26.10	18.34	18.34
9	14.5	14.5	15	15	25	26.10	18.34	18.34
10	14.5	14.5	15	15	25	26.10	18.34	18.34
11	14.5	14.5	15	15	25	26.10	18.34	18.34
12	14.5	14.5	15	15	25	26.10	18.34	18.34
<b>(qq / día) Teórico</b>							<b>468.94</b>	

Fuente: Trabajo de campo  
 LI = Lado izquierdo de la máquina  
 LD = Lado derecho de la máquina

En la tabla XXXIII, las primeras cuatro bobinas, tanto del lado izquierdo como del lado derecho, corresponden a la producción teórica de la máquina 1 y el resto de producción corresponde a la máquina número 2. Dichas máquinas (*ver figura 22 de la página 129*) forman parte indispensable en el proceso productivo de dicha área, ya que del mal funcionamiento de las mismas, el suministro de materia prima para el área de espigado sería bajo y por lo tanto la capacidad disminuiría en ésta área considerablemente.

Figura 22. **Máquinas embobinadoras en el área de galvanizado**



Fuente: Planta de galvanizado, Aceros de Guatemala, S.A.

En la tabla XXXIV, se presentan los resultados referentes a la validación de tiempos en el área de galvanizado.

Tabla XXXIV. **Validación de tiempos en el área de galvanizado**

No. Máquina	Producción (qq/día)	Tiempo de producción (min)	Calibre a galvanizar
Máquina 1	149.76	450	<b>Calibre 15</b>
Máquina 2	183.40		<b>Calibre 15</b>
Máquina 2	135.84		<b>Calibre 14</b>
<b>TOTAL</b>	469.00	450	

Fuente: Trabajo de campo

Debido a que los tiempos de producción para el área antes mencionada no varían; en el capítulo 5 se brinda información referente al trabajo de propuesta para dicha área.

### 4.7.3. Validación de tiempos en el área de espigado

Como ya se observaron y analizaron los tiempos descritos en el capítulo 3, las mejoras a implementar con el fin de lograr un aumento de capacidad productiva en el área de espigado y lograr así estandarizar un grupo de ocho máquinas, se procedió a realizar un análisis y todos los cálculos pertinentes para el aumento de dicha capacidad. Debido al tipo de maquinaria que se utiliza en esta área y tomando en cuenta que los operarios generan un porcentaje bajo referente a tiempos muertos; el cual afecte la producción, las mejoras a tratar fueron:

1. Realizar un análisis de relación de poleas (*ver tabla XXXV*).
2. Cambio de poleas para estandarizar capacidad productiva.

Tabla XXXV. **Análisis de relación de poleas en el área de espigado**

Análisis de poleas							
No. Máquina	RPM P <sub>1</sub>	RPM P <sub>2</sub>	Relación	RPM Motor	RPM Eje	RPM Eje principal	RPM Volante
IOWA-01	167.80	297.00	0.56	1783	297.00	296.90	385.50
IOWA-02	172.60	281.90	0.61	1780	281.80	281.90	365.30
IOWA-03	215.20	348.80	0.62	1788	348.70	348.60	451.50
IOWA-04	209.20	343.80	0.61	1773	343.90	343.70	440.00
IOWA-05	203.00	364.60	0.56	1787	364.60	364.60	468.40
IOWA-06	187.70	296.70	0.63	1789	295.30	295.20	380.70
IOWA-07	182.60	304.40	0.60	1779	304.30	304.30	395.80
IOWA-08*	217.90	347.20	0.63	1781	347.30	347.30	456.70

Fuente: Trabajo de campo

\* Máquina modelo para la estandarización de línea productiva

En el *anexo C, figura 77 de la página 231*, se detallan los cálculos que fueron realizados para la obtención los datos mostrados en la tabla XXXV de la página 130.

En la tabla XXXVI se muestran los tiempos de validación para el área de espigado, donde se muestra claramente un incremento de capacidad productiva en las máquinas IOWA-01, IOWA-02, IOWA-06 e IOWA-07, para lo cual se observa claramente que los tiempos en dichas máquinas deben ser menores a la situación actual en comparación con los tiempos de producción que se muestran en el capítulo 3. Donde cabe recordar que se tomó como referencia la máquina IOWA-08 que del grupo de 8 máquinas, ésta era la de mayor velocidad y capacidad productiva.

**Tabla XXXVI. Validación de toma de tiempos en el área de espigado según estación de trabajo**

Producto AG – 400	Ciclos (Rollo X min)						Promedio (Rollo X min)
	1	2	3	4	5	6	
IOWA-01**	12.56	12.50	12.54	12.54	12.59	12.56	12.5583
IOWA-02**	12.36	12.40	12.31	12.40	12.35	12.34	12.3600
IOWA-03	12.54	12.58	12.45	12.53	12.49	12.45	12.5067
IOWA-04	13.20	13.16	13.19	13.23	13.2	13.1	13.1800
IOWA-05	13.32	13.32	13.33	13.34	13.36	13.32	13.3317
IOWA-06**	14.25	14.27	14.25	14.24	14.23	14.27	14.2517
IOWA-07**	14.39	14.41	14.45	14.41	14.43	14.45	14.4233
IOWA-08*	12.24	12.23	12.25	12.23	12.26	12.25	12.2433

Fuente: Trabajo de campo

\* Máquina de referencia para estandarización de capacidad

\*\* Mejora en maquinaria después del cambio de poleas.

Del total de ocho máquinas de espigado en el área, cuatro de las mismas poseían una baja capacidad de trabajo (según método de toma de revoluciones y método de toma de tiempos) y con dicho cambio se aumentó la capacidad de las mismas (*ver tabla XXXVII*) logrando con esto dicho aumento.

Tabla XXXVII. **Capacidad productiva después de la implementación de mejoras**

Máquinas	Capacidad (Rollo X día)	
	AG-400	TORO
IOWA-01**	115	0
IOWA-02**	117	0
IOWA-03	115	0
IOWA-04	109	0
IOWA-05	108	0
IOWA-06**	117	0
IOWA-07**	116	0
IOWA-08*	118	0
<b>TOTALES</b>	<b>915</b>	<b>0</b>

Fuente: Trabajo de campo

Al realizar una comparación entre la capacidad productiva de la sección, tanto antes como después de las mejoras, se observa claramente en la tabla XXXVIII de la página 133, que dicha capacidad aumenta en 69 rollos por día.

Tabla XXXVIII. **Comparación de la capacidad productiva antes y después de la implementación de mejoras**

Máquinas	Capacidad (Rollo X día)	
	Antes de la mejora AG-400	Después de la mejora AG-400
IOWA-01	101	115
IOWA-02	94	117
IOWA-03	115	115
IOWA-04	109	109
IOWA-05	108	108
IOWA-06	101	117
IOWA-07	100	116
IOWA-08	118	118
<b>TOTALES</b>	846	915

Fuente: Trabajo de campo

En lo que respecta al cambio de diámetro en poleas (*ver figura 23*), esto fue de beneficio para la sección de espigado; sino en su totalidad, sí en la mayor parte de la línea productiva. Para éste caso las especificaciones de las nuevas poleas es considerado aceptable.

Figura 23. **Aumento de diámetro en poleas del motor para incrementar la capacidad productiva de la sección de espigado**



Fuente: Trabajo de Campo

La razón por la cual se aumenta el diámetro de la polea del motor, se debe a que dicho equipo es la parte principal que provoca el funcionamiento de cada una de las máquinas pertenecientes a la sección de espigado, independientemente del número de revoluciones que posea el mismo, según especificaciones del motor.

#### **4.8. Medidas correctivas para los tiempos muertos**

Para que el estudio de tiempos y movimientos brinde los resultados esperados por aquella persona que haga uso de dicha herramienta, se necesitan plantear medidas que ayuden en el cumplimiento eficaz de la misma.

##### **4.8.1. Área de trefilación**

En lo referente a medidas correctivas para el área de trefilación se plantea la utilización de los formatos de toma de tiempos, así como la utilización de la hoja de cálculo denominada **Formato de Producción AGSA** (*ver anexo C, figura 78 de la página 232*), el cual beneficiará a la planta de clavo y alambres en los posteriores cálculos estadísticos, analizar el volumen de producción generado por la planta, así como poder analizar el porqué de un decremento o incremento en la producción, y en base a dichos resultados tomar las medidas correctivas necesarias, siempre y cuando sean de beneficio mutuo entre trabajador y empresa. Adjunto al formato de producción AGSA, se debe elaborar un informe de aquellas actividades que provocaron un paro en la maquinaria (*ver anexo C, figura 75 de la página 229*), y con ello implementar medidas correctivas pertinentes.

#### 4.8.2. Área de galvanizado

Entre las medidas correctivas correspondientes al área de galvanización están:

- a) Puesta en marcha de formatos para el control de gases (*ver anexo D, figura 80 a la 86, página 237 a la 244*).
- b) Utilización de formatos de toma de tiempos y formatos de toma de revoluciones.
- c) Generar nuevas alternativas para el manejo de contaminantes orgánicos volátiles (COV's).
- d) Charlas informativas para la concientización referente al control adecuado de químicos e insumos dañinos a la salud del trabajador.

#### 4.8.3. Área de espigado

Las medidas correctivas a tomar en cuenta, correspondientes al área de espigado se tienen:

- a) Utilización de formatos de toma de tiempos y formatos de toma de revoluciones.
- b) Utilización de hoja de cálculo denominada “**Formato de Producción, AGSA**”
- c) Seguimiento de estandarización de línea productiva, utilizando los cálculos establecidos en el estudio de tiempos y movimientos.
- d) Charlas de concientización referente a la optimización de tiempo de trabajo en el área.



## **4.9. Resultado de eficiencias**

Todo proyecto puede ser medido con base a recursos económicos, por cálculos estadísticos, por cálculos matemáticos, etc. Para el caso de la planta de clavo y alambres y por el tipo de trabajo a realizar en el área de trefilación, espigado y galvanizado; el concepto más aplicable a dichas áreas es el *porcentaje de eficiencia* el cual ayuda a determinar cuánta materia prima se está optimizando respecto a su uso y analizar e identificar en qué se está desperdiciando y malgastando el tiempo de trabajo.

### **4.9.1. Área de trefilación**

Como se pudo observar y al momento de analizar las mejoras implementadas en el área de trefilación, así como también al momento de identificar que el principal objetivo de la toma de tiempos son los tiempos muertos existentes en el área y de igual forma buscar alternativas eficientes para reducir dichos tiempos que a la vez perjudican al operador como a la misma empresa, generando gastos económicos innecesarios y exceso en la utilización de recursos.

Al momento de utilizar el lubricante HOLIFA e INDOL D67C se obtuvieron datos claros referentes al incremento de producción y bajo consumo de dados. Para el cálculo de los porcentajes de eficiencia que se muestran en la tabla XXXIX de la página 138, se plantea un ejemplo de dicho cálculo, tomando como referencia la máquina TR-01, recordando que la metodología de cálculo a seguir es la misma para el resto de la maquinaria.

**Datos:**

$$P_{\text{antes 2907/TR72}} (\text{qq/semana}) = 799.23$$

$$P_{\text{después Holifa}} (\text{qq/semana}) = 823.53$$

$$P_{\text{después INDOL D67C}} (\text{qq/semana}) = 951.96$$

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((P_{\text{después Holifa}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((P_{\text{después INDOL D67C}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

**Donde:**

Variable	Significado
$P_{\text{antes 2907/TR72}}$ (qq/semana)	Producción utilizando lubricante 2907 / TR72
$P_{\text{después Holifa}}$ (qq/semana)	Producción utilizando lubricante Holifa
$P_{\text{después INDOL D67C}}$ (qq/semana)	Producción utilizando lubricante INDOL D67C
% incremento Holifa	Porcentaje de incremento con lubricante Holifa
% incremento INDOL D67C	Porcentaje de incremento con lubricante INDOL D67C

Por lo tanto, para determinar el porcentaje de incremento ó decremento de eficiencia se tiene lo siguiente:

**Para lubricante en seco Holifa**

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((P_{\text{después Holifa}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((823.53 * 100\%) / 799.23) - 100\% = 3.04\%$$

**Para lubricante en seco INDOL D67C**

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((P_{\text{después INDOL D67C}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((951.96 * 100\%) / 799.23) - 100\% = 19.11\%$$

Es por ello que analizando dichos valores se tiene lo siguiente:

Tabla XXXIX. **Eficiencia percibida por la utilización de nuevos lubricantes**

No. Máquina	Producción (qq/semana) Antes	Producción (qq/semana) Después		Incremento de Eficiencia	
		Lubricante	Lubricante	%	%
		HOLIFA	INDOL D67 C	HOLIFA	INDOL D67 C
TR-01	799.23	823.53	951.96	3.04	19.11
TR-02	956.53	1020.96	957.25	6.74	0.08
TR-04	1231.67	1109.21	1063.73	-9.94	-13.63
TR-06	1170.81	1219.18	1175.43	4.13	0.39
TR-07	960.71	1008.38	1045.70	4.96	8.85
TR-09	959.18	928.88	1122.25	-3.16	17.00
TR-10	968.99	1117.29	1260.91	15.304	30.13
<b>TOTAL</b>	<b>7047.12</b>	<b>7227.43</b>	<b>7577.23</b>	<b>21.07</b>	<b>61.92</b>

Fuente: Trabajo de campo

Analizando los resultados de eficiencia de la tabla XXXIX se observan datos negativos como positivos. Los datos positivos significan que existe un incremento en la producción, mientras que los datos negativos significan un decremento de dicho factor, aunque los porcentajes negativos pueden o no ser de este tipo, dependiendo del grado de incidencia de las actividades que provocan un incremento o decremento de producción, las cuales se

mencionaron en el capítulo 3. Mas sin embargo si se elabora una suma total de los porcentajes de eficiencia para cada uno de los lubricantes de prueba (Holifa e INDOL D67C) se nota un cambio muy considerable y efectivo. No hay que olvidar que el objetivo primordial de las pruebas con nuevos tipos de lubricante es qué tanto cambio de datos se realizaron por estación de trabajo y el aumento de producción percibido.

#### 4.9.2. Área de galvanizado

En lo referente al área de galvanizado, como se mencionó en la descripción de flujo de proceso del capítulo 2, la materia prima a utilizar en dicha área proviene de la sección de trefilación, por lo que el incremento de producción de alambre galvanizado se reflejó de igual forma en dicha área. A continuación se presentan los porcentajes de eficiencia (*ver tabla XL, página 141*) que reflejan el beneficio de utilización de un nuevo lubricante en la sección de trefilación.

#### Datos:

$$PT_{\text{antes 2907/TR72}} \text{ (qq/semana)} = 1794.59$$

$$PT_{\text{después Holifa}} \text{ (qq/semana)} = 2503.01$$

$$PT_{\text{después INDOL D67C}} \text{ (qq/semana)} = 2695.58$$

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((PT_{\text{después Holifa}} * 100\%) / PT_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((PT_{\text{después INDOL D67C}} * 100\%) / PT_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

## Donde:

Variable	Significado
$P_{\text{antes 2907/TR72}}$ (qq/semana)	Producción total utilizando lubricante 2907 / TR72
$P_{\text{después Holifa}}$ (qq/semana)	Producción total utilizando lubricante Holifa
$P_{\text{después INDOL D67C}}$ (qq/semana)	Producción total utilizando lubricante INDOL D67C
% incremento Holifa	Porcentaje de incremento con lubricante Holifa
% incremento INDOL D67C	Porcentaje de incremento con lubricante INDOL D67C

Por lo tanto, para determinar el porcentaje de incremento ó decremento de eficiencia se tiene lo siguiente:

### Para lubricante en seco Holifa

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((P_{\text{después Holifa}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento Holifa} = ((2503.01 * 100\%) / 1794.59) - 100\% = 39.47\%$$

### Para lubricante en seco INDOL D67C

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((P_{\text{después INDOL D67C}} * 100\%) / P_{\text{antes 2907/TR72}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento INDOL D67C} = ((2695.58 * 100\%) / 1794.59) - 100\% = 50.21\%$$

Tabla XL. **Porcentaje de eficiencia en el área de galvanizado**

Calibre	Producción (qq/semana) Antes	Producción (qq/semana) Después		Incremento de eficiencia	
		Lubricante Holifa	Lubricante INDOL D67 C	%	%
				Holifa	INDOL D67 C
14	103.67	716.93	1161.09	39.47	50.21
15	1690.92	1786.08	1534.49		
<b>TOTAL</b>	<b>1794.59</b>	<b>2503.01</b>	<b>2695.58</b>		

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Al realizar una comparación entre los porcentajes de incremento de eficiencia que se observan claramente en la tabla anterior, se refleja un incremento de producción utilizando el lubricante en seco Holifa del 39.47% y el incremento de producción utilizando INDOL D67C del 50.21%; por lo que éste último es el que brinda mejores resultados.

#### 4.9.3. Área de espigado

Al momento de realizar las mejoras de análisis de relación de poleas y cambio de las mismas, para poder estandarizar la línea de producción de 8 máquinas, se plantea a continuación un ejemplo del cálculo del porcentaje de incremento referente a la producción en la máquina IOWA-01, donde los cálculos a seguir para el resto de la maquinaria es el mismo.

#### Datos:

$$P_{\text{antes}} (\text{rollos/semana}) = 606$$

$$P_{\text{después}} (\text{rollos/semana}) = 690$$

$$\% \text{ incremento} = ((P_{\text{después}} * 100\%) / P_{\text{antes}}) - 100\%$$

**Donde:**

Variable	Significado
P <sub>antes</sub> (rollos/semana)	Producción rollos a la semana (6 días productivos)
P <sub>después</sub> (rollos/semana)	Producción rollos a la semana (6 días productivos)
% incremento	Porcentaje de incremento

Por lo tanto, para determinar el porcentaje de incremento ó decremento de eficiencia para la máquina IOWA-01 se tiene lo siguiente:

### **Cálculo de porcentaje de incremento en IOWA-01**

$$\% \text{ incremento} = ((P_{\text{después}} * 100\%) / P_{\text{antes}}) - 100\%$$

$$\% \text{ incremento} = ((690 * 100\%) / 606) - 100\% = 13.86\%$$

El cálculo para el resto de la maquinaria de la sección de espigado, se realiza de igual forma que en el ejemplo anterior (*ver tabla XLI, página 143*)

Tabla XLI. **Aumento de producción al realizar cambio de poleas en motores de máquinas de espigado**

No. Máquina	Producción (rollos / semana) Antes	Producción (rollos / semana) Después	% Incremento
IOWA – 01	606	690	13.86
IOWA – 02	564	702	24.47
IOWA – 03	690	690	N A
IOWA – 04	654	654	N A
IOWA – 05	648	648	N A
IOWA – 06	606	702	15.84
IOWA – 07	600	696	16.00
IOWA – 08	708	708	N A
<b>TOTAL</b>	<b>5076</b>	<b>5490</b>	<b>8.15</b>

Fuente: Trabajo de campo

NA = No aplica por capacidad considerablemente alta.

Al observar los porcentajes de incremento que se muestran en la tabla XLI, existe un incremento de producción considerable, lo cual beneficia a la planta como al trabajador. El 8.15% equivale a un aumento de producción total a la semana de 414 rollos, que resultan de la diferencia entre la producción de antes y la producción percibida después de la implementación del cambio de poleas.

#### 4.10. Diagramas de flujo de proceso mejorado

Una de las ventajas de los diagramas de flujo de proceso, es que éstos pueden ser modificados con base a las mejoras implementadas logrando minimizar de tiempos productivos, traslados, demoras y todas aquellas condiciones que puedan ser suprimidas a fin de agilizar el proceso. A continuación se presentan los diagramas de flujo mejorados:



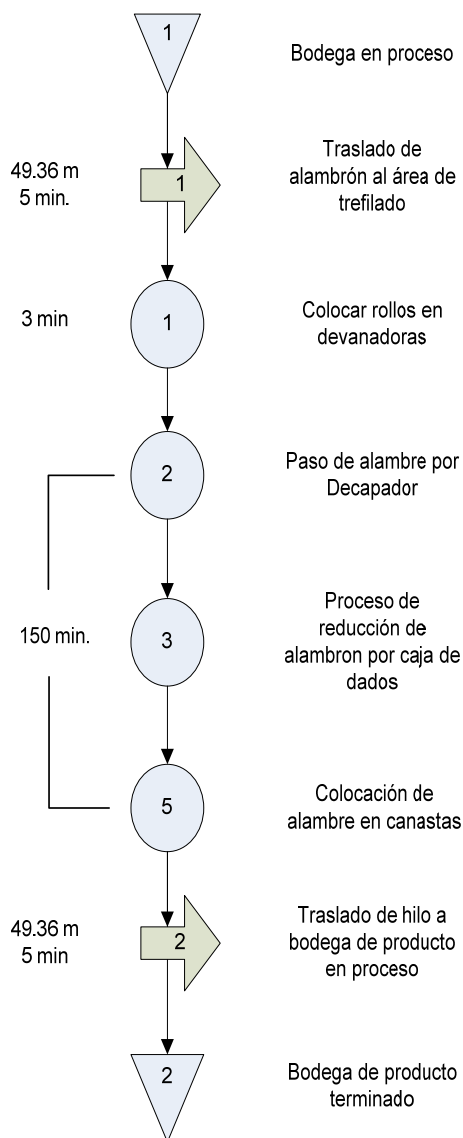
#### **4.10.1. Área de trefilación**

Al realizar un análisis comparativo entre el diagrama de flujo de proceso actual del capítulo 3 y el diagrama de flujo de proceso mejorado (*ver figura 24 de la página 145*), se observa claramente una reducción promedio en el tiempo equivalente al proceso productivo de 213 a 163 minutos. Donde dicho tiempo promedio resulta de una validación de toma de tiempos en dicha sección utilizando INDOL D67 C, que se refleja en el incremento de producción.

Puede observarse claramente que los tiempos y distancias presentados en el transporte de materia prima no cambian, mas sin embargo la distribución de materia prima, que antes se hacía en dos vías, ahora sólo se realiza en una solo dirección, además de la implementación de lubricante INDOL D67C que en definitiva provoca una disminución de paros de maquinaria, catalogado como un tiempo muerto y un aumento en la capacidad productiva de la sección de trefilado.

Figura 24. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de trefilado

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trefilado.	
<b>Situación:</b> Propuesta	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez
<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008	
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.



Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
▽	2	-----	-----
○	5	153	-----
➡	2	10	98.72
TOTAL	9	163	98.72

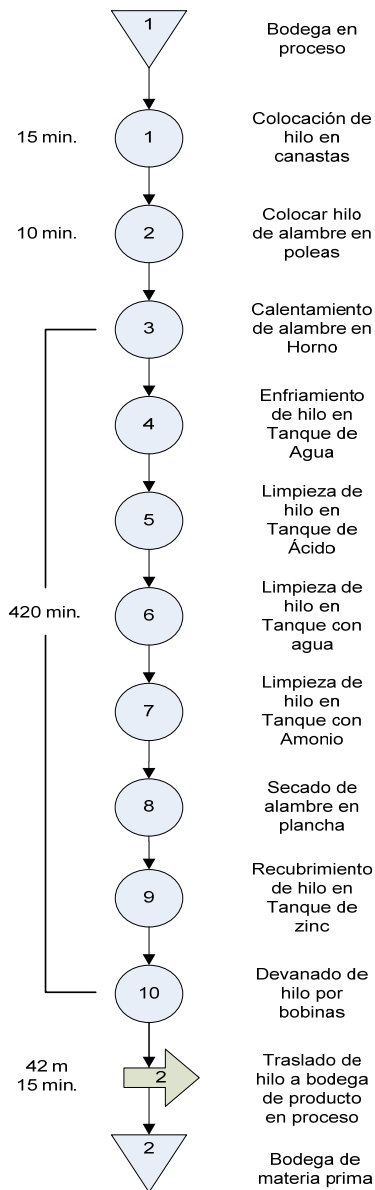
Fuente: Trabajo de campo

#### **4.10.2. Área de galvanizado**

En lo referente al área de galvanizado, el diagrama de flujo (*ver figura 25 de la página 147*) de proceso se mantiene igual al diagrama de flujo de proceso actual que se muestra en el capítulo 3, debido a que la mejora que se plantea para dicha sección en el capítulo 5, no tiene como fin principal la reducción de tiempo. Como puede observarse en la siguiente figura; al momento de hablar sobre un diagrama de flujo de proceso mejorado, se elabora un encabezado para el mismo, el cual en el capítulo 3 de éste trabajo no se presenta, ya que la planta no cuenta en ése momento no cuenta con los diagramas adecuados.

Figura 25. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de galvanizado

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trefilado.	
<b>Situación:</b> Propuesta	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez
<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008	
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.



Simbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
▽	2	-----	-----
○	10	445	-----
➡	1	15	42
TOTAL	12	460	42

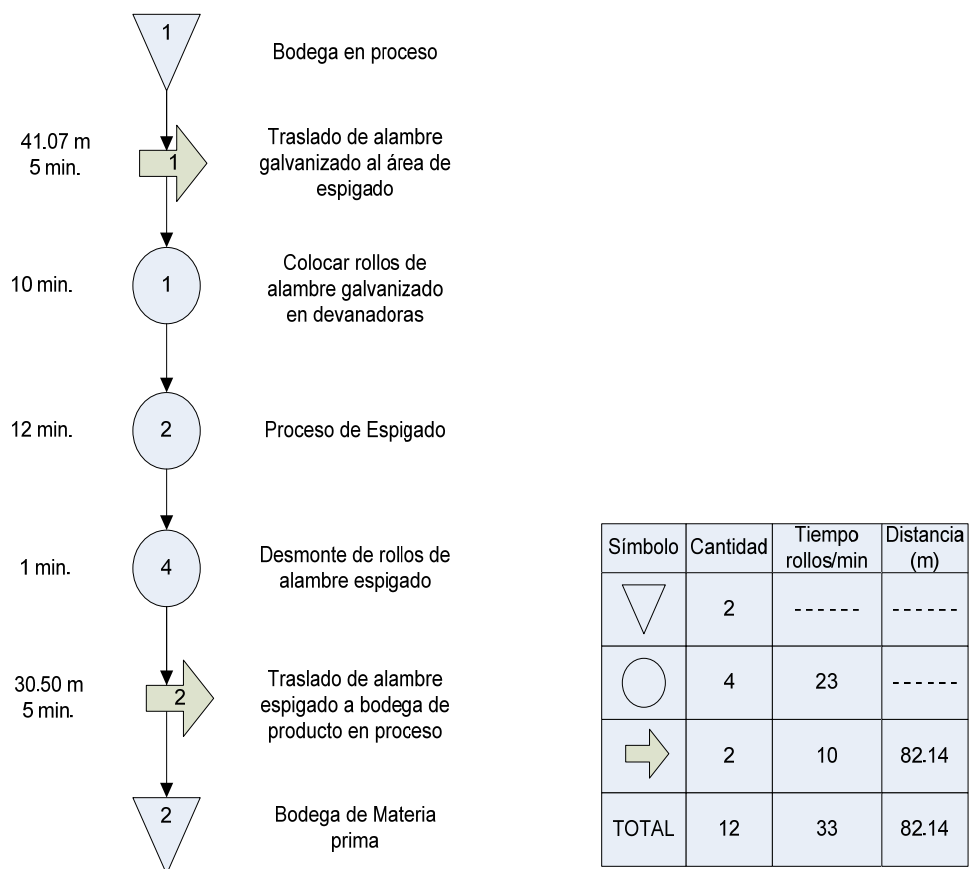
Fuente: Trabajo de campo

### **4.10.3. Área de espigado**

En lo referente al diagrama de flujo de proceso mejorado (*ver figura 26 de la página 149*) durante el proceso se elimina la actividad correspondiente a devanado de alambre espigado por tolva, ya que esta actividad duplicaba el proceso del producto en la sección. Así mismo el cambio más considerable que se observa es el tiempo en que se elabora un rollo de alambre espigado, equivalente a un rollo cada 12 minutos.

Figura 26. Diagrama de flujo de proceso mejorado para el área de espigado

<b>Nombre de la empresa:</b> Aceros de Guatemala, S.A.	<b>No. Página:</b> 1 / 1
<b>Nombre del diagrama:</b> Diagrama de flujo de proceso para la sección de trefilado.	
<b>Situación:</b> Propuesta	<b>Realizado por:</b> Walter Ramírez
<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2008	
<b>Inicia en:</b> Bodega de proceso.	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado.



Fuente: Trabajo de campo

#### **4.11. Minimización de costos al mejorar el control de tiempos muertos en cada una de las áreas de estudio.**

En toda industria, para que un proyecto sea denominado de *factibilidad*, se deben tomar en cuenta todos los aspectos necesarios que influyan en la implementación del mismo, ventajas, desventajas y por consiguiente la inversión económica de deberá generar la empresa.

Es por ello que para la implementación de la mejora y control de tiempos muertos se plantean dos recursos indispensables que forman la base para decidir si se invierte o no en dicha metodología de cambio.

Al tomar en cuenta dichos factores se debe realizar un análisis de costos que son por lo general la mano de obra y los insumos.

##### **4.11.1. Mano de obra**

En lo referente a mano de obra, como se pudo observar anteriormente, al utilizar el lubricante INDOL D67 C se percibe un incremento de producción y de salario semanal por parte de los operadores. Así mismo se percibe un ahorro en el consumo de dados para el área de trefilación.

El costo de mano de obra (*ver tabla XLII de la página 152*), se interpreta como el costo a pagar por parte de la empresa al momento de utilizar el nuevo lubricante y por consiguiente al observar un incremento de producción; ya que el beneficio es bilateral entre trabajador e institución.

El precio total del costo de mano de obra que se muestra en la tabla XLII es el equivalente a la suma del sueldo base, horas extras, bonificación, incentivo por producción y descuento de IGSS.

Como ejemplo de cálculo del costo de mano de obra en la sección de trefilación se toma como referencia la máquina trefiladora TR-01, los cuales se muestran a continuación:

**Datos:**

**Sb** = Q. 291.00

**HE** = Q. 245.53

**Séptimo** = Q. 122.34

**Boni** = Q. 57.69

**Inc** = Q. 319.86

**IGSS** = Q. 42.44

**P/ QQ** = Q. 0.33600

Por lo tanto el costo de mano de obra en la TR-01 equivale a Q. 993.98

**Donde:**

Variable	Significado
Sb	(Q. 48.50 * 6 días)
HE	(Q. 48.50/7) * 1.5
Séptimo	(Sueldo base + Hrs. extras + incentivo) / 7
Boni	Bonificación
Inc	Precio por quintal (determinado por planta) * cantidad producida
IGSS	Cuota patronal IGSS (Sueldo base+Hrs. extras+séptimo+bonificación+incentivo)*0.04095
P/ QQ	Costo por quintal, establecido por la planta de clavo y alambres.
Total	(Sueldo base+Hrs. extras+séptimo+bonificación+incentivo-IGSS)



Tabla XLII. **Costo de mano de obra para el área de trefilado**

No. Máquina	Producción INDOL D67 C	Precio / QQ	TOTAL (Q. / Semana)
TR-01	729.92	0.33600	993.98
TR-02	957.25	0.33600	995.93
TR-04	1063.73	0.46200	1182.05
TR-06	1175.43	0.46200	1238.61
TR-07	1045.7	0.37275	1070.62
TR-09	1122.25	0.42525	1166.48
TR-10	1260.91	0.33600	1107.76
<b>TOTAL</b>			<b>7755.42</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

El costo de mano de obra al mes en promedio sería de:

$(Q.7755.42 * 7 \text{ máquinas}) * 4 \text{ semanas} = Q. 4431.67$  con opciones de aumento dependiendo del tipo de materia y condiciones que afecten el funcionamiento eficaz del proceso de trefilación.

Para el área de espigado el costo de mano equivale al costo generado por la empresa debido al aumento de producción (*ver tabla XLIII de la página 154*), para lo cual se muestra un ejemplo de cálculo de dicho costo tomando como referencia la máquina de espigado IOWA-01, haciendo la salvedad de que los cálculos para el resto de la maquinaria es el mismo.

**Datos:**

**Sb** = Q. 291.00

**HE** = Q. 245.53

**Séptimo** = Q. 80.92

**Boni** = Q. 57.69

**Inc** = Q. 29.89

**IGSS** = Q. 28.87

**P/ QQ** = Q. 0.08663

Por lo tanto el costo de mano de obra en la IOWA-01 equivale a Q. 676.15

**Donde:**

Variable	Significado
Sb	(Q. 48.50 * 6 días)
HE	(Q. 48.50/7) * 1.5
Séptimo	(Sueldo base + Hrs. extras + incentivo) / 7
Boni	Bonificación
Inc	Precio por quintal * cantidad producida
IGSS	Cuota patronal IGSS (Sueldo base+Hrs. extras+séptimo+bonificación+incentivo)*0.04095
P/ QQ	Costo por quintal, establecido por la planta de clavo y alambres.
Total	(Sueldo base+Hrs. extras+séptimo+bonificación+incentivo-IGSS)

Para el caso de la sección de espigado, específicamente en lo que respecta a mano de obra, según datos proporcionados por la planta de clavo y alambres, antes el costo por semana de mano de obra correspondía a Q. 1422.61 y al momento de la implementación de mejoras (cambio de poleas en el motor) se percibe un aumento por semana de Q. 1645.26 globalmente; donde al realizar una diferencia entre ambas cantidades, se puede decir que al mes existe un aumento salarial de mano de obra de Q. 890.61. Dicho aumento puede variar dependiendo del número de máquinas que estén funcionando, tipo de materia prima, etc.

Tabla XLIII. **Costo de mano de obra para el área de espigado**

No. Máquina	Producción (rollos / semana) Antes	Precio / QQ	TOTAL (Q.)	Producción (rollos / semana) Después	Precio / rollos	TOTAL (Q.)	Beneficio
IOWA-01	7932	0.08663	687.15	10521.00	0.08663	911.43	224.28
IOWA-02							
IOWA-03							
IOWA-04							
IOWA-05							
IOWA-06							
IOWA-07							
IOWA-08							

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

No existe un ahorro para la empresa, más sí un incremento en sus ganancias aproximado de Q. 200,000.00 semanal y un beneficio económico para el trabajador de Q.224.28 semanales. Por políticas de la empresa, el departamento de costos proporciona un dato aproximado de dicha ganancia.

#### 4.11.2. Insumos

Para la sección de trefilación los insumos que se consumieron y fueron un punto de partida para la implementación de mejoras fueron:

- Tipo de lubricante a utilizar en sección de trefilado (*ver anexo C, figura 69 de la página 222*).
- Consumo de dados al utilizar prueba de lubricante (*ver anexo B, figura 62 de la página 213*).

En la tabla XLIV de la página 157, se muestra el consumo de pastillas de tungsteno (dados) en el año 2007 utilizando el lubricante en seco 2907 y TR72, en el 2008 utilizando el lubricante en seco Holifa y en el mismo año utilizando el

lubricante en seco INDOL D67C; donde puede observarse claramente que éste último lubricante es el que brinda mejores resultados.

Los datos nuevos son aquellos que no necesitan de un trabajo en el taller de dados y los dados rectificadas son aquellos que han sido utilizados en la máquina y requieren de trabajo especializado en el taller de dados para ser reutilizados.

Los costos totales por semana, resultan del producto del consumo de dados nuevos (ya que éstos requieren de una inversión inicial) por el costo unitario de cada dado, tanto para el año 2007 como 2008 donde se utilizan 2 tipos de lubricantes en seco como parte de la prueba y análisis respectivo. El ahorro por semana percibido al utilizar los lubricantes prueba, resultan de la diferencia del costo total por semana presentado en el año 2007 y el costo total por semana presentado utilizando el lubricante en seco Holifa e INDOL D67C respectivamente; y el ahorro mensual resulta del producto del ahorro percibido por semana en quetzales, por el número de semanas que posee un mes (4 semanas). De igual manera, el ahorro percibido al año, resulta del producto del ahorro mensual por el número de meses que tiene un año (12 meses).

Tabla XLIV. Consumo y ahorro percibido al utilizar nuevo lubricante

Datos (unidades)	Datos por semana		
	Año 2007	Holifa	Indol D67 C
Nuevos	61	20	12
Rectificados	166	43	22
<b>TOTAL</b>	<b>227</b>	<b>63</b>	<b>34</b>

Costos por dado (Q.)
38.15

	Costos totales (Q.)		
	Año 2007	Holifa	Indo D67 C
<b>Costo / semana (Q.)</b>	2327.15	763.00	457.8
<b>Ahorro / semana (Q.)</b>		1564.15	1869.35
<b>Ahorro / mensual (Q.)</b>		6256.60	7477.4
<b>Ahorro / anual (Q.)</b>		75,079.20	89,728.80

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Los costos presentados anteriormente se obtienen por medio de consultas al departamento de costos de AGSA, el cual es el encargado de monitorear cualquier tipo de movimiento monetario, entiéndase, compras y ventas de insumos, materia prima, etc., que son rubros en que incurre cada una de las plantas productivas que posee la empresa.

## 5. GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES, EN EL ÁREA DE GALVANIZADO, PARA LA EMPRESA DE ACEROS DE GUATEMALA, S.A.

### 5.1. Estudio del control y manejo de gases

Como se mencionó en capítulos anteriores, la producción generada en el área de galvanizado no presentó variabilidad por medio del análisis de tiempos; por lo que se propone a la planta de clavo y alambres la implementación de una guía para el control de gases en el área de galvanizado. Esto con el fin de disminuir y controlar de mejor forma los gases generados dentro del área de galvanizado. Siendo éstos, los generados por evaporación de agua y reacción química entre metal y *ácido clorhídrico*.

Para la propuesta de una *guía* elaborada para el control de gases en el área de galvanizado se debe tener muy claro el concepto de guía. Una guía es una serie de pasos a seguir que ayudarán al mejoramiento de las actividades.

Por lo general, los contaminantes del aire aún en su forma de emisión, por ejemplo en las chimeneas, se encuentran presentes a concentraciones bajas. Después de su dispersión en la atmósfera los contaminantes del aire experimentan una *delusión* final de tal manera que su control es esencial antes de la emisión en la fuente o tan cerca de ésta como sea posible.

Al momento de elaborar un estudio sobre el control de gases, se debe de tomar en cuenta el área de aplicación, condiciones de trabajo, riesgos, etc. Sobre todo identificar las ventajas y desventajas que se encontrarán al momento de la aplicación de dicha guía.

### **5.1.1. Ventajas**

Toda guía, independientemente el fin de aplicación que tenga posee un cierto número de ventajas. Para el caso del área de galvanizado se tiene lo siguiente:

- Identificar y mejorar el manejo de focos emisores
- Tipos de contaminantes
- Dar a conocer las responsabilidades de los supervisores del área de trabajo.
- Presentar a la planta de clavo y alambres, en especial para el área de galvanizado una alternativa de mejora eficaz respecto al control de gases en dicha área.
- Cumplimiento eficaz en la utilización de dicha guía.

### **5.1.2. Desventajas**

Las desventajas que se perciben al momento de aplicar la guía para el control de gases tenemos:

- Temor al cambio por parte del personal de trabajo.
- Falta de compromiso entre trabajadores y empresa al momento de poner en marcha dicha propuesta.
- Falta de recursos (papelería y útiles, tablas shanon, lapiceros, etc.)
- Condiciones inadecuadas de trabajo.

Cabe mencionar que la inversión al implementar dicha guía no es alta, sin embargo el beneficio de la misma es reducir el riesgo de enfermedades para el

personal de trabajo, así como disminuir las emisiones generadas por los agentes contaminantes mencionados anteriormente.

### **5.1.3. Medios de control sin dispositivo**

Dentro del ámbito ambiental e industrial se maneja el término “*medios de control sin dispositivo*”; son aquellos medios que ayudan a reducir o eliminar por completo emisiones contaminantes dentro y fuera de la empresa con el objetivo de no contaminar el medio ambiente y al personal dentro de las áreas de trabajo. Para la utilización de dichos medios no se hace uso de dispositivos mecánicos debido a que la aplicación de ésta metodología no está relacionada directamente por la inversión de maquinaria especializada.

Los medios de control para limitar la emisión de contaminantes del aire sin dispositivos son:

- **Cambio del proceso**

Es la técnica que permite cambiar el sistema de combustión de manera que genere menos contaminantes, si éste fuese el caso. Es la conversión de una fuente de energía que emplea combustible fósil en una que usa energía solar o hidroeléctrica. Los generadores de energía solar e hidroeléctrica generan menor contaminación.

- **Cambio de combustible**

Es una opción que permite cambiar un combustible por otro que genere menos contaminación. Por ejemplo, usar carbón con bajo contenido de azufre para reemplazar al carbón con alto contenido de azufre. Esto



reduciría la cantidad de emisión de dióxido de azufre. Otro ejemplo sería sustituir el carbón por gas natural, que es menos contaminante.

- **Buenas prácticas de operación**

Incluyen medidas de sentido común, tales como el cuidado y mantenimiento apropiado del equipo. Un ejemplo de esta técnica es la inspección y mantenimiento regular para asegurar que no haya fuga de compuestos orgánicos volátiles en una planta, la cual utilice algún tipo de químico.

Además de la reducción de emisiones, las buenas prácticas de cuidado y mantenimiento también disminuyen los costos al evitar la pérdida de materiales costosos.

- **Cierre de la planta industrial**

Es una técnica utilizada para reducir la contaminación, cuando las concentraciones de los contaminantes exceden los límites aceptables, en estas circunstancias la reubicación de la planta puede ser la respuesta, hoy día muchas plantas industriales optan por ubicarse en áreas idóneas dependiendo del tipo de proceso ó categoría industrial a la que pertenezcan.

Ésta medida puede ser necesaria en casos extremos, también es eficaz reemplazar plantas antiguas por instalaciones modernas.

#### 5.1.4. Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera

Es posible que la actividad industrial realizada por el centro de trabajo sea considerada como potencialmente contaminante de la atmósfera. Si éste fuese el caso, estaría clasificada como actividad del grupo A, actividad del grupo B o actividad del grupo C. En función del grupo en que se encuentre un centro de trabajo (ver tabla XLV).

##### 5.1.4.1. Clasificaciones de actividades

Tabla XLV. **Clasificación de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera**

<b>GRUPO A</b>	Refinería de petróleo
	Siderurgia integral
	Incineración de residuos industriales, Plantas de compostaje
	Fabricación de pasta de papel y de celulosa
	Fabricación de cemento y cerveza
	Centrales térmicas de potencia superior a 50 Mw
<b>GRUPO B</b>	Calderas de más de 20 Tm de vapor/hora
	Hornos de más de 2,000 termias/hora
	Canteras, Cerámicas y Fabricación de vidrio
	Plantas de preparación de hormigón, Extracción de aceites vegetales
	Tratamientos y curtidos de pieles
	Producción de pre-cocinados y ahumados
<b>GRUPO C</b>	Calderas igual o inferior a 20 Tm vapor/hora
	Hornos con potencia calorífica igual o inferior a 2,000 termias hora
	Serrerías y despiece de la madera y el corcho
	Fabricación de aglomerados y fibras, Fabricación de detergentes
	Producción de pinturas, barnices, lacas, etc.
	Preparación de extractos o concentrados de carne y otras materias animales

Fuente: Emisión de gases. Causas, efectos y soluciones. Pag. 16.

Para el caso de la planta de clavo y alambres, ésta se encuentra catalogada según tabla XLV como una empresa de categoría tipo A.

#### 5.1.4.2. Frecuencia del manejo y control de gases en el área de trabajo

Las actividades que estén dentro de cualquier grupo (A, B o C), tienen que someterse a una serie de inspecciones y mediciones periódicas de sus emisiones atmosféricas y la empresa deberá realizar, además, un autocontrol de emisiones (*ver tabla XLVI*).

Tabla XLVI. **Frecuencia con la que deben realizarse las inspecciones según el grupo de actividad de la empresa**

Grupo de Actividad	Inspección de Control	Autocontrol de emisiones
Grupo A	Cada 2 años	Cada 15 días
Grupo B	Cada 3 años	Periódico
Grupo C	Cada 5 años	----

Fuente: Emisión de gases. Causas, efectos y soluciones. Pag. 16.

## 5.2. Identificación de las emisiones atmosféricas en el centro de trabajo

Las emisiones que se pueden encontrar dentro de la planta de clavo y alambres, así como en toda industria que utilice agentes emisores de gases, pueden ser de dos tipos:

- **Emisiones puntuales**

Son aquellas que tienen una salida localizada a la atmósfera. Es decir, suelen tener un punto concreto por donde salen a la atmósfera, como puede ser una chimenea, una torre de humos, la salida de un sistema de ventilación o de un sistema de extracción localizado, etc. Al estar localizadas, estas emisiones son fácilmente controlables y medibles. Se habla entonces de *focos fijos* cuando nos referimos a aquellos puntos por donde salen las emisiones de una industria a la atmósfera.

- **Emisiones difusas**

Son emisiones no localizadas (no salen por un foco fijo), y por ello son difíciles de controlar como por ejemplo los vapores o emanaciones de gases ocasionadas por fugas, derrames, manipulación de sustancias, etc., que antes de salir a la atmósfera se propagan por el interior de las instalaciones. El ejemplo más significativo es el relativo a los llamados compuestos orgánicos volátiles (COV) de los que forman parte las gasolinas, algunos disolventes, químicos, etc.

Al momento de hacer uso de los compuestos antes mencionados, la planta de clavo y alambres debe de hacerse la siguiente pregunta: “¿Por qué se pueden producir emisiones difusas en mi centro de trabajo?” y para dicha pregunta se dan a conocer algunas opciones de respuesta, que a la vez están sujetas a un análisis, siendo éstas las siguientes:

- a) Almacenamiento en condiciones no adecuadas, envases en mal estado, deteriorados o no apropiados para recoger una determinada sustancia y que pueden dar lugar a emanaciones de vapores y gases.

- b) Fugas y derrames de sustancias.
- c) Falta de mantenimiento de equipos.
- d) Incorrecta manipulación, dosificación y mezcla de sustancias.
- e) Empleo de sustancias contaminantes en operaciones manuales de limpieza o mantenimiento de equipos (limpieza de piezas con disolventes, etc.) susceptibles de ser sustituidas por otras inocuas o menos perjudiciales.
- f) Empleo abusivo de procesos químicos en operaciones de limpieza y mantenimiento en lugar de procesos menos nocivos (limpieza en seco, a presión, etc.)

En las industrias se suelen encontrar tanto las emisiones puntuales, fácilmente controlables, como las emisiones difusas, de más difícil control. Para el caso del área de galvanizado se presentan los dos tipos de emisiones antes mencionadas.

### **5.3. Emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV)**

En muchas empresas se emplea un gran volumen de disolventes o sustancias que en su momento pueden generar alguna emisión contaminante.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son una clase de sustancias que se evaporan, ya sea a temperatura ambiente o inducida y cuya base principal es el carbono en su mayoría. Suelen estar presentes en los disolventes o

cualquier otra sustancia química empleados en procesos de limpieza materiales textiles o metálicos, aplicaciones de pinturas, limpieza de superficies, impresión, barnizados, aplicación de adhesivos, etc. Dichos compuestos suponen un grave riesgo para la salud de los trabajadores, expuestos a los vapores que desprenden, y para el medio ambiente.

#### **5.4. Volúmen actual generado por la planta**

Al realizar un visual y conociendo el significado de emisiones puntuales como difusas, en la sección de galvanizado se presentan dichos agentes emisores. El tipo de emisión más importante a tratar por el grado perjudicial hacia el trabajador del área de galvanizado y la atmósfera son las emisiones difusas, por lo que se plantea la propuesta de una guía para el control de gases, debido a que el volúmen generado dentro del área es variable.

El proceso de galvanizado consta de dos puntos críticos, en donde se pueden identificar emisiones puntuales, así como dos puntos críticos para identificar emisiones difusas (*ver tabla XLVII de la página 166*). Para poder identificar qué tipo de punto crítico se presenta en la sección de galvanizado, se deben tomar en cuenta los argumentos planteados en el numeral 5.2 referente a los tipos de emisiones. Por medio de una inspección visual, así mismo con el apoyo del jefe de planta, encargados, supervisores y personal operativo se deduce la información que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XLVII. **Puntos críticos en el área de galvanizado según el tipo de emisión generada**

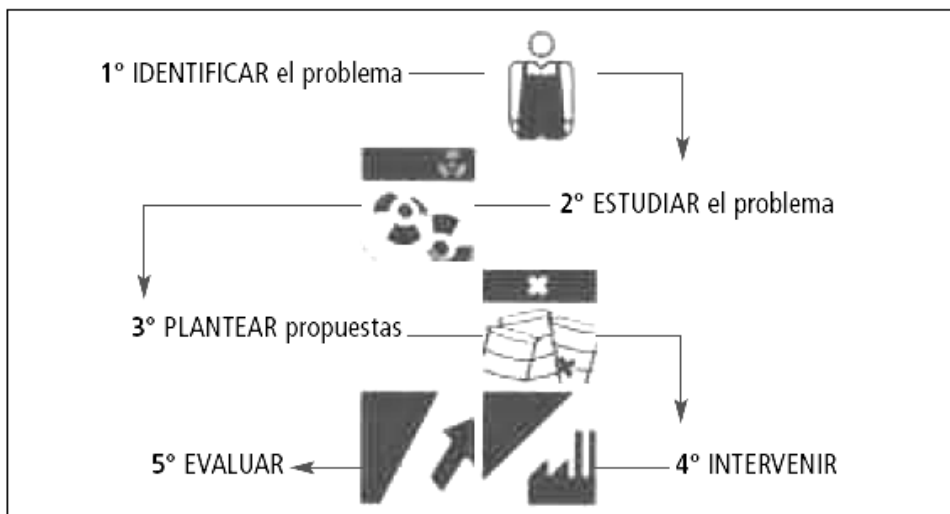
Emisiones Puntuales	Emisiones Difusas
Horno de Recocido	Tanque de Agua
Horno de Galvanizado	Canoa de Ácido Clorhídrico

Fuente: Trabajo de campo

#### 5.4.1. Metodología a seguir para la intervención de emisiones atmosféricas

La metodología a seguir para la elaboración de una guía para el control de gases, se muestra en la figura 27.

Figura 27. **Pasos para la elaboración de una guía para el control de gases en el área de galvanizado**



Fuente: Trabajo de campo



## GUÍA DE CONTROL DE GASES PARA EMISIONES PUNTALES

**Nombre del analista:** Walter Ramírez      **Fecha:** \_\_\_\_\_  
**Empresa:** Aceros de Guatemala, S.A.  
**Planta:** Clavo y alambres

Para la elaboración de dicha guía, específicamente en el Horno de Recocido y el Horno de Galvanizado, que como se mencionó anteriormente son puntos críticos dentro del área de galvanizado. Conforme se presenta la metodología a seguir, se plantea a la vez la propuesta de solución a dichos numerales que planta la guía, como trabajo de campo, para lo cual se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones tales como:

- Tipo de combustible
  - Temperatura de combustión
1. Como primer punto se deberá detectar los problemas existentes dentro de la planta de galvanizado para poder definirlos y tratar de identificar las causas que los originan, pues para solucionarlos se tendrá que acudir a la raíz del problema, ya que de lo contrario, las soluciones que se propongan pueden que sólo representen una solución temporal.

El problema más relevante presentado dentro de la planta es el siguiente:

- Emanación de gases producidos en el Horno de Recocido y Horno de Galvanizado.



2. Una vez detectado el problema se debe estudiar en profundidad para poder proponer alternativas viables. Para esto se debe consultar a aquellos compañeros de trabajo que estén relacionados con ese problema, en otro caso se puede pedir asesoramiento sindical, realizar consultas a expertos, leer documentación relacionada, etc.

Alternativas a tomar en cuenta para la solución de los problemas suscitados dentro de la planta de galvanizado:

- Consulta de documentación aplicable al manejo adecuado de equipos de combustión.
  - Cotización de equipos y/o sistemas.
3. Una vez estudiada la problemática es el momento de plantear alternativas válidas y viables. Se debe tomar muy en cuenta la opinión de los compañeros de trabajo, ya que serán los que, en última instancia, tendrán que llevarlas a cabo. Según el problema al que se enfrente, es posible que las medidas planteadas tengan que realizarse de forma gradual, mientras que en otros bastará con simples cambios en la forma de operar o con la sustitución de sustancias o materiales.
    - Adquisición de nuevos sistemas de purificación.
    - Adquisición de filtros de aire resistentes al grado de toxicidad provocado por el combustible.
    - Aplicación de documentación que ayude a prevenir un exceso de emisión de gas a la atmósfera.
  4. Con las alternativas ya bien definidas, se deben negociar las propuestas con la empresa. Es muy importante que se tenga bien definido cuál o cuáles son los objetivos y prioridades. Cabe recordar que existe una serie de

herramientas a las que se puede acudir y que serán de gran ayuda, tales como la negociación colectiva, los comités de seguridad y salud, los sistemas de gestión ambiental o el derecho a la información ambiental.

- En este paso se deberá plantear la problemática y alternativas a los entes encargados, con el fin de analizar la mejor alternativa tomando en cuenta: el tipo de necesidad, costo de implementación, el beneficio de implementar dicha alternativa, tiempo de implementación, entre otras.
5. Proponer la adopción de acuerdos y compromisos con los responsables de la empresa para minimizar estas emisiones puntuales mediante la adopción de mejores técnicas disponibles, cambios en las materias primas, sustitución de sustancias peligrosas, etc.
- Una vez se ha decidido la alternativa a tomar, se debe dar seguimiento para que los puntos mencionados anteriormente se cumplan en su totalidad, utilizando todas las herramientas necesarias tales como: hojas de identificación de riesgo (*ver anexo D, figura 86 de la página 244*), identificación de áreas de colocación de materia prima, tanto peligrosa como inmune al trabajador de la planta de galvanizado, metodología a seguir con el objetivo de que el operador conozca el tipo de material a utilizar, riesgos como formas de manejar dichos materiales.



## GUÍA DE CONTROL DE GASES PARA EMISIONES DIFUSAS

**Nombre del analista:** Walter Ramírez      **Fecha:** \_\_\_\_\_  
**Empresa:** Aceros de Guatemala, S.A.  
**Planta:** Clavo y alambres

Para la elaboración de dicha guía, específicamente en el Horno de Recocido y el Horno de Galvanizado. Conforme se presenta la metodología a seguir, se plantea a la vez la propuesta de solución a dichos numerales que planta la guía, como trabajo de campo, para lo cual se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones tales como:

- Temperatura
- Materia prima utilizada (Ácido Clorhídrico)

Las características de las emisiones difusas hacen que, para conocer su composición y los lugares donde se pueden generar o procesos susceptibles de ocasionarlas, se debe realizar un diagnóstico previo de la planta de galvanizado. Para ello se debe conocer:

- El estado de los equipos en busca de corrosiones, roturas o desperfectos que puedan ocasionar fugas de emisiones.
- El alcance y la periodicidad de las operaciones de mantenimiento a las que son sometidos.
- Las sustancias empleadas en el área de galvanizado que puedan producir emisiones difusas (disolventes, pinturas, gasolinas y demás

sustancias químicas que emitan gases y vapores), así como las empleadas en operaciones de limpieza y mantenimiento de máquinas y equipos.

- Cómo se almacenan en el área de galvanizado estas sustancias.
  - Los procesos de manipulación, dosificación y mezcla de las mismas.
  - Si existen filtros adecuados en los sistemas de ventilación y/o extracción localizada y si se realiza un mantenimiento adecuado de éstos.
1. Como primer punto se deberá detectar los problemas existentes dentro de la planta de galvanizado para poder definirlos y tratar de encontrar las causas que los originan, pues para solucionarlos se tendrá que acudir a la raíz del problema, ya que de lo contrario, las soluciones que se propongan pueden que sólo representen una solución temporal.

Los problemas presentados dentro de la planta han sido los siguientes:

- Emanación de gases al momento de la reacción entre el metal y el ácido clorhídrico.
- Volatilidad de dicho gas perjudicial para el personal de trabajo.
- Corrosión de la canoa de ácido clorhídrico.
- Corrosión de la campana posicionada sobre la canoa de ácido.
- Vida corta de piedra de limpieza en canoa de ácido.

2. Una vez detectado el problema, se debe estudiar a profundidad para poder proponer alternativas viables. Para esto se debe consultar a aquellos compañeros de trabajo que estén relacionados con ese problema, en otro caso se puede pedir asesoramiento externo como instituciones ambientales, grupos de otras empresas que apoyen con alternativas referentes al control de gases, realizar consultas a expertos, leer documentación relacionada, etc.

Alternativas a tomar en cuenta para la solución de los problemas suscitados dentro de la planta de galvanizado:

- Debido a la emanación continua de gases dentro del área de galvanizado pueden plantearse varias alternativas, utilizando el mayor número de recursos que se encuentren al alcance de la planta de clavo y alambres, a fin de brindar una solución a la problemática suscitada en la sección de galvanizado. A continuación se presentan algunas alternativas que pueden ser utilizadas en beneficio de la sección:
  - a. Cotización de equipos ideales para el control de gases con diferentes proveedores.
  - b. Consulta en libros o documentos referentes al control de gases.
  - c. Utilización *INDISPENSABLE DE INTERNET* para recabar información referente al tema.
  - d. Entrevistas informales con los operadores de la planta de galvanizado, a fin de recabar información para el control adecuado

de los gases emanados específicamente de la canoa de ácido clorhídrico.

3. Una vez estudiada la problemática es el momento de plantear alternativas válidas y viables. Se debe tomar muy en cuenta la opinión de los compañeros de trabajo, ya que serán los que, en última instancia, tendrán que llevarlas a cabo. Según el problema al que se enfrente, es posible que las medidas planteadas tengan que realizarse de forma gradual, mientras que en otros bastará con simples cambios en la forma de operar o con la sustitución de sustancias o materiales.

A continuación se presentan algunas alternativas que pueden ser válidas y viables para la problemática del control de gases:

- Adquisición de un sistema de control de gases y/o manejo.
- Aplicación de un sistema de Tiro inducido para el transporte del gas en cuestión (*ver anexo D, figura 79 de la página 234*).
- Compra y adquisición de extractores y/o ventiladores aplicables al tanque de enfriamiento.
- Elaborar fichas de evaluación de riesgo para:
  - a. Identificar la situación de riesgo (*ver anexo D, figura 83 de la página 241*).
  - b. Identificación del riesgo químico (*ver anexo D, figura 82 de la página 239*).

- c. Identificación de las sustancias peligrosas (*ver anexo D, figura 84 de la página 242*).
4. Con las alternativas ya bien definidas, se deben negociar las propuestas con la empresa. Es muy importante que se tenga bien definido cuál o cuáles son los objetivos y prioridades. Cabe recordar que existe una serie de instrumentos a los que se puede acudir y que serán de gran ayuda, tales como la negociación colectiva, los Comités de Seguridad y Salud, los sistemas de gestión ambiental o el derecho a la información ambiental.
  - Cabe destacar que aunque las alternativas planteadas anteriormente no atacarían el problema en un 100%, los cambios podrían observarse gradualmente, al momento de la implementación de dicha guía.
5. Proponer la adopción de acuerdos y compromisos con los responsables de la empresa para minimizar estas emisiones puntuales mediante la adopción de mejores técnicas disponibles, cambios en las materias primas, sustitución de sustancias peligrosas, etc.
  - Una propuesta a tomar necesaria para dicho problema, es la puesta en marcha de documentos que puedan ayudar al mejoramiento y manejo de la materia prima que se tiene a disposición.
    - Identificación de los toneles de ácido clorhídrico utilizando etiquetas adecuadas (*ver anexo D, figura 81 de la página 238*).
    - Señalización adecuada del área de almacenamiento de la materia prima.

- Elaborar un libro de registro de emisiones que ayudarán a llevar un control más eficiente sobre todas las emisiones de gas producidas en la planta de galvanizado, manejo adecuado de desechos tanto dañinos como no dañinos para el personal de trabajo.
- Aplicación de sistemas de mejora continua.
- Tomando como referencia sistemas aplicados en otra industria perteneciente a la corporación, referente al diseño de una nueva canoa de ácido clorhídrico (*ver anexo D, figura 89 de la página 250*), de donde AGSA es parte de dicha corporación.

#### **5.4.2. Medios de control con dispositivos**

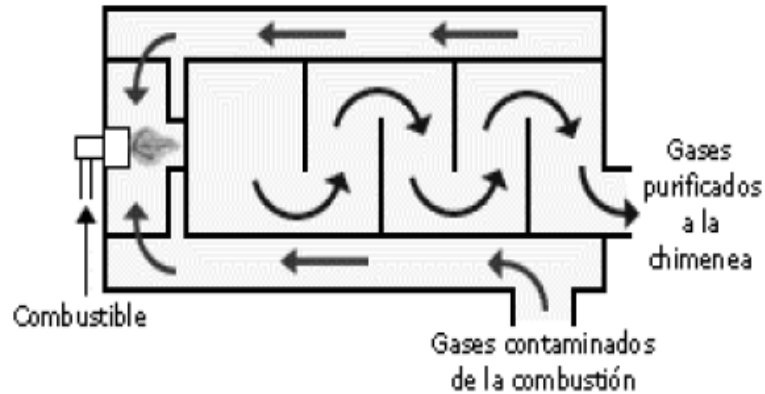
Los dispositivos de control para contaminantes en forma de partículas, gases y vapores son:

- **Incineradores termales**

Se usan frecuentemente para controlar la emisión continua de compuestos orgánicos volátiles combustibles. En general, la incineración destruye gases y desechos sólidos mediante la quema controlada a altas temperaturas. Cuando los incineradores termales (*ver figura 28 de la página 176*) se operan correctamente pueden destruir más de 99% de los contaminantes gaseosos.



Figura 28. **Incinerador termal**



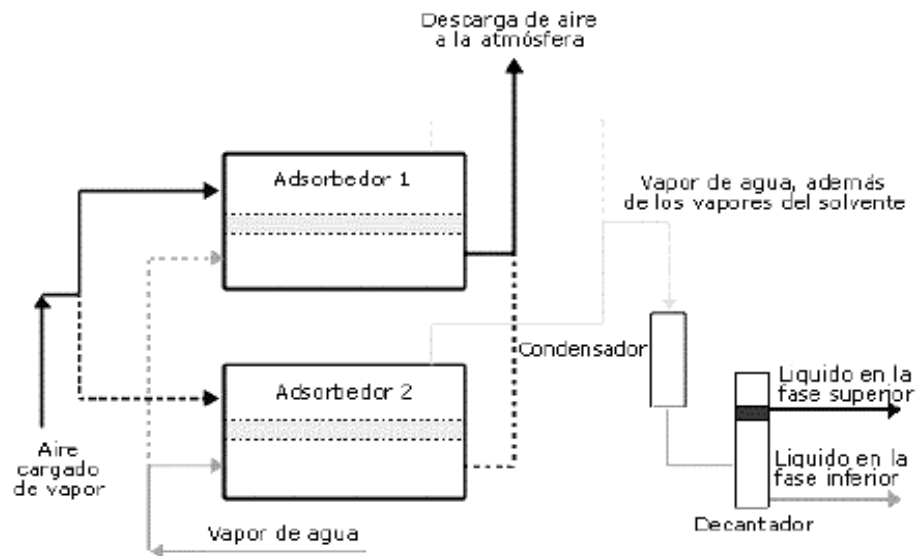
Fuente: Gestión de la Calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 89

- **Absorbedores de carbón**

Usa partículas de carbón activado para controlar y recuperar las emisiones gaseosas contaminantes (*ver figura 29 de la página 177*). En este proceso, el gas es atraído y se adhiere a la superficie porosa del carbón activado, lográndose una eficiencia de remoción de 95 a 99%. Se usa particularmente para recuperar compuestos orgánicos valiosos, por ejemplo, el percloroetileno que se usa en los procesos de lavado en seco.

Para extraer los contaminantes atrapados en el lecho y llevarlos a un dispositivo de recuperación se usa vapor. Mediante la regeneración, las mismas partículas de carbón activado se pueden usar una y otra vez. Los sistemas de regeneración se usan cuando la concentración del contaminante en el flujo de gas es relativamente alta.

Figura 29. **Absorbedores de carbón**

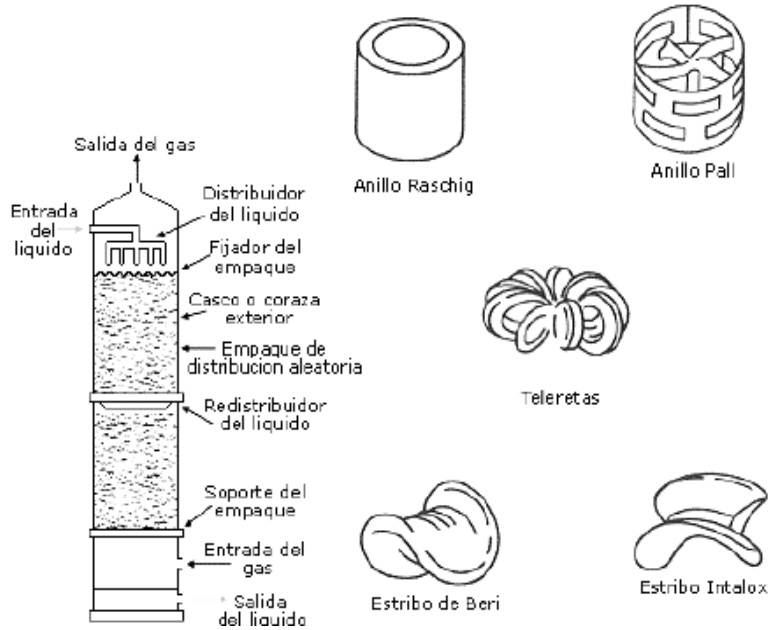


Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 89

- **Absorbedores**

La absorción es el proceso mediante el cual un contaminante gaseoso se disuelve en un líquido. El agua es el absorbente más usado. A medida que el flujo de gas pasa por el líquido, éste absorbe el gas de la misma manera como el azúcar es absorbido en un vaso de agua cuando se agita. La absorción se usa comúnmente para recuperar productos o purificar gases con alta concentración de compuestos orgánicos (*ver figura 30 de la página 178*).

Figura 30. **Absorbedores**



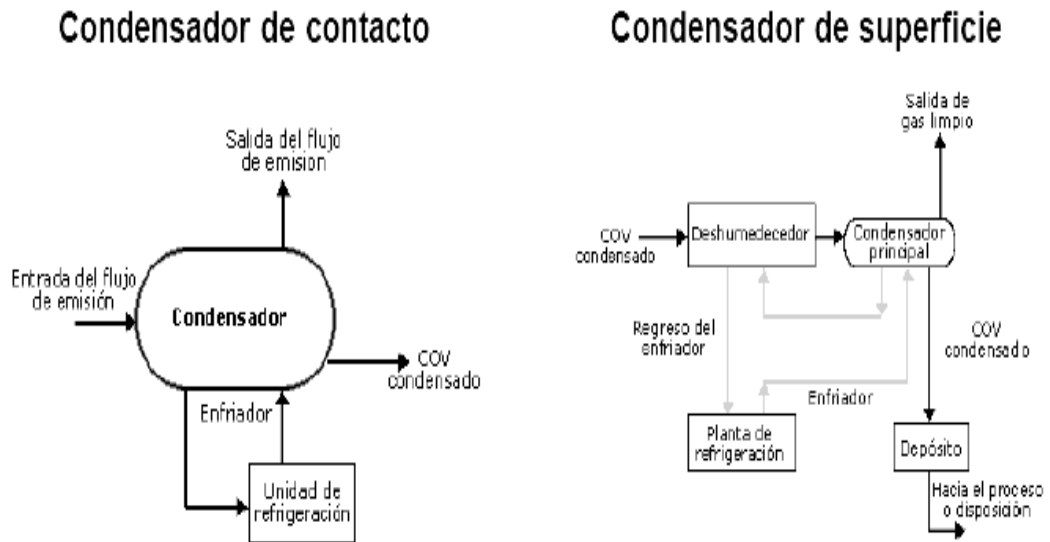
Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 90

## • **Condensadores**

Los condensadores (*ver figura 31 de la página 179*) remueven contaminantes gaseosos mediante la reducción de la temperatura del gas hasta un punto en el que el gas se condensa y se puede recolectar en estado líquido.

Los condensadores se usan generalmente para recuperar los productos valiosos de un flujo de desechos. Usualmente se usan con otro dispositivo de control. En el control de la contaminación se emplean condensadores de contacto y de superficie. En los condensadores de contacto, el gas hace contacto con líquido frío. En un condensador de superficie, los gases entran en contacto con una superficie fría en la cual circula un líquido o gas enfriado, como la parte exterior de un tubo.

Figura 31. **Condensadores**



Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 90

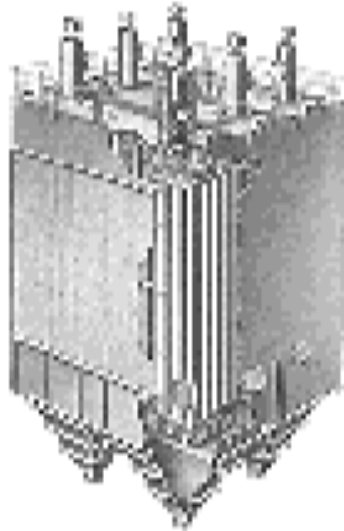
- **Precipitadores electrostáticos**

Los precipitadores electrostáticos (*ver figura 32 de la página 180*) capturan las partículas sólidas en un flujo de gas por medio de la electricidad.

El precipitador electrostático carga de electricidad a las partículas atrayéndolas a placas metálicas con cargas opuestas ubicadas en el precipitador. Las partículas se retiran de las placas mediante golpes secos y se recolectan en una tolva ubicada en la parte inferior de la unidad.

La eficiencia de los precipitadores electrostáticos es muy variable. Sólo para partículas muy pequeñas, la eficiencia de remoción es de aproximadamente 99%.

Figura 32. **Precipitadores electrostáticos**



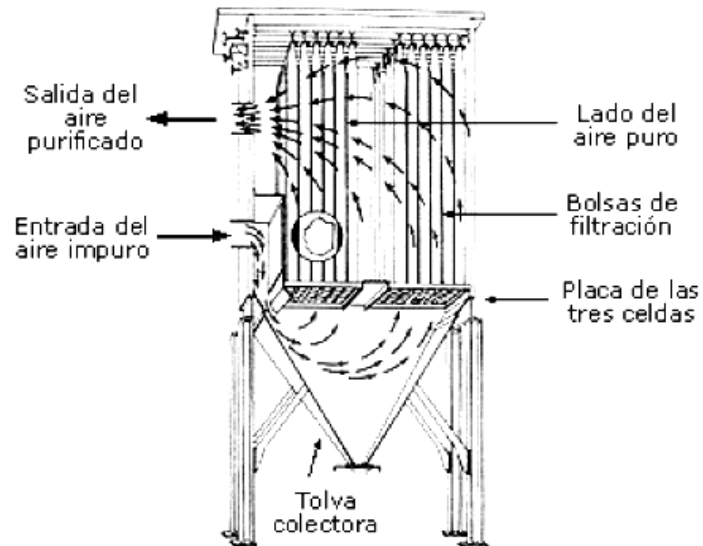
Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 91

- **Filtros**

El filtro de tela o cámara de filtros de bolsa (*ver figura 33 de la página 181*) trabaja bajo el mismo principio que una aspiradora de uso doméstico. El flujo de gas pasa por el material del filtro que retira las partículas.

El filtro de tela es eficiente para retener partículas finas y puede sobrepasar 99% de remoción en la mayoría de las aplicaciones.

Figura 33. **Filtros**

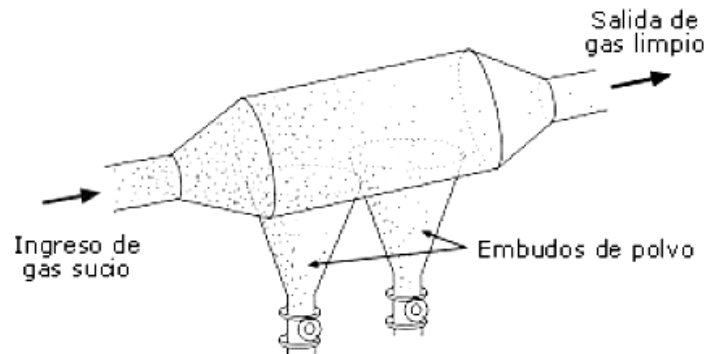


Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 91

- **Cámaras de sedimentación**

Las cámaras de sedimentación (*ver figura 34 de la página 182*) emplean la fuerza de gravedad para remover partículas sólidas. El flujo de gas ingresa a una cámara donde disminuye la velocidad del gas. Las partículas más grandes caen del flujo de gas en una tolva.

Figura 34. **Cámaras de sedimentación**

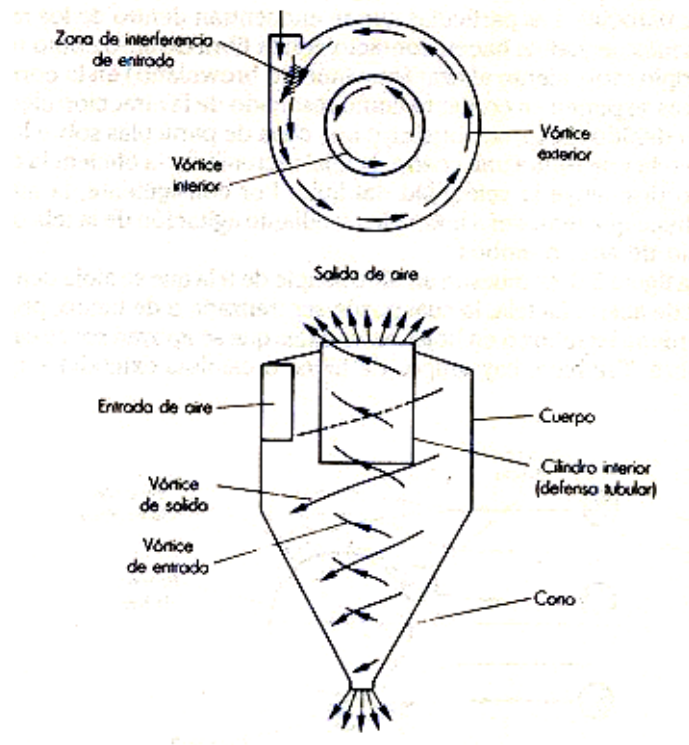


Fuente: Gestión de la calidad del aire. Causas, efectos y soluciones. Pag. 92

- **Ciclones**

Los ciclones (*ver figura 35 de la página 183*) usan el principio de la fuerza centrífuga para remover el material particulado. En un ciclón, el flujo contaminante es forzado a un movimiento circular. Este movimiento ejerce fuerza centrífuga sobre las partículas y las dirige a las paredes exteriores del ciclón. Las paredes del ciclón se angostan en la parte inferior de la unidad, lo que permite que las partículas sean recolectadas en una tolva.

Figura 35. **Ciclones**



Fuente: La producción de energía mediante el vapor de agua, aire o gas, pág. 202

## 5.5. Costo de implementar la guía para el control y manejo de gases

En toda industria para la implementación de una propuesta se debe plantear un análisis de costos que determinará dicha implementación. A continuación se presentan los costos incurridos referentes a insumos y recursos a utilizar.

### 5.5.1. Insumos

Los insumos forman parte importante en la implementación de cualquier tipo de proyecto o trabajo a realizar. Los insumos son recursos utilizados durante el proceso y que brindan un valor agregado al producto terminado.



En la tabla XLVIII se muestran los insumos a utilizar para la propuesta de una guía para el control de gases en el área de galvanizado se tiene:

**Tabla XLVIII. Costos de insumos en la elaboración de la guía para el control de gases en el área de galvanizado**

<b>Insumo requerido</b>	<b>Costo / mes</b>	<b>Costo / anual</b>
Papelería y útiles	Q. 200.00	Q. 2,400.00
Recurso Humano	Q. 1,257.12	Q. 1,5085.44
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 1,457.12</b>	<b>Q. 17,485.44</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Así mismo la sección debe incurrir en otros costos (*ver tabla XLIX*) que no son catalogados como insumos, pero benefician en el apoyo y funcionalidad óptima, al momento de implementar una guía de este tipo.

**Tabla XLIX. Otros costos requeridos en la elaboración de la guía para el control de gases en el área de galvanizado**

<b>Otros requerimientos</b>	<b>Costo / mes</b>	<b>Costo / anual</b>
Equipo de Cómputo	Q. 25.00	Q. 300.00
Uso de Internet	Q. 350.00	Q. 4200.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 575.00</b>	<b>Q. 4500.00</b>

Fuente: Planta de clavo y alambres, Aceros de Guatemala, S.A.

Al analizar los resultados de las tablas XLVIII y XLIX, puede observarse claramente que la sección de galvanizado debe incurrir en un costo anual de Q. 6900.00.

### **5.5.2. Recursos a utilizar**

Entre los recursos a utilizar se plantean dos opciones para la Planta de clavo y alambres, específicamente para el área de galvanizado, que ayudarían al mejoramiento y como complemento de la guía a elaborar.

Para dichas opciones se plantean los costos de inversión y el análisis de factibilidad de dichas opciones quedan a disposición de la gerencia, para la aprobación de la opción que mejor se ajuste a las condiciones de trabajo del área en estudio.

#### **OPCIÓN 1**

##### **Depurador por condensación**

Este tipo de tecnología es una parte del grupo de controles para los contaminantes del aire llamados colectivamente “depuradores en húmedo.”

- **Tipo de tecnología**

Remoción de contaminantes por el uso de la condensación para aumentar el tamaño de las partículas de contaminante, seguida por interceptación inercial.

- **Contaminantes aplicables**

Los depuradores por condensación están típicamente destinados para el control de la materia particulada (MaP) extremadamente fina con un diámetro aerodinámico de aproximadamente entre 0.25 y 1.0 micras ( $\mu\text{m}$ ).

- **Tipo de fuente aplicable:** Punto

- **Aplicaciones industriales típicas**

Los depuradores por condensación están destinados para uso en el control de las corrientes de gas.

La tecnología es adecuada para ambas instalaciones nuevas o renovadas. Los sistemas de depuración por condensación son una tecnología relativamente nueva.

### **Características de la corriente de emisión**

- **Temperatura**

El gas de desecho entrando a un depurador por condensación es generalmente enfriado hasta condiciones de saturación, aproximadamente 20 a 26°C (68 a 78°F).

### **Otras consideraciones**

La fracción fina de las emisiones de MaP provenientes de una fuente de combustión con frecuencia contiene cadmio y otros metales. El uso de un

depurador por condensación para capturar la fina MP puede proporcionar un método efectivo de reducción de la emisión de metales.

- **Requisitos de pre-tratamiento de la corriente de emisión**

Para el control de MaP proveniente de fuentes emisoras, el gas de escape entra a una área de coagulación (por ejemplo, un sistema de ductos, una cámara, o un ciclón) para reducir el número de partículas ultra fina, y enseguida a un acondicionador de gases para enfriar el gas hasta una temperatura y un estado de saturación convenientes. Esto generalmente se logra por medio de un intercambiador de calor por recuperación de calor de desecho para reducir la temperatura del gas de escape o rociando agua directamente dentro de la corriente de gas caliente de escape. Por lo general no es ni práctico ni efectivo en costo enfriar los gases de escape a temperaturas por debajo de los valores del ambiente.

Los depuradores por condensación están generalmente indicados para ser usados corriente abajo de otro depurador (por ejemplo, un depurador tipo venturi) que ya haya removido la MaP  $>1.0 \mu m$  de diámetro.

- **Información de costos**

A continuación se proporciona la información sobre el costo (expresado en dólares y quetzales) de readaptar un sistema de depuración existente con un depurador por condensación bajo condiciones típicas de operación.

Los costos no incluyen los costos para el pre-tratamiento o desecho del solvente usado o residuo. Como regla, las unidades más pequeñas controlando una corriente de baja concentración de desecho serán mucho más costosas

(por unidad de proporción de flujo volumétrico) que una unidad grande limpiando un flujo con una carga alta de contaminantes.

- **Costo de capital:** US 12,358.00 (Q. 93,305.75)
- **Costos de operación y mantenimiento:** US 5,300 (Q. 40,015.00). anualmente por el proveedor del equipo.
- **Costo anualizado:** US 7,000 (Q. 52,850.00), anualmente
- **Efectividad de costo:** US 65 por tonelada métrica (Q. 490.75), costo anualizado por tonelada métrica por año de contaminante controlado.

Para los datos de costos antes descritos se ha utilizado un cambio de moneda equivalente a 1 US = Q. 7.55 (sujeto a cambios).

- **Teoría de operación**

La depuración por condensación es un avance relativamente reciente en la tecnología de depuración en húmedo. Generalmente, la depuración por condensación depende primero de establecer condiciones de saturación en la corriente de gas. En cuanto la saturación sea lograda, se inyecta vapor en la corriente de gas. El vapor crea una condición de súper saturación y conduce a la condensación de agua sobre la corriente de gas. Enseguida, las gotas condensadas grandes son removidas por uno de los varios dispositivos convencionales.

**Ventajas:**

Las ventajas de los depuradores por condensación incluyen:

1. Capacidad para manejar polvos inflamables y explosivos con poco riesgo.
2. Capacidad para manejar MaP fina.
3. La eficiencia de recolección puede ser variada.
4. Los gases corrosivos y polvo pueden ser neutralizados.

**Desventajas:**

Las desventajas de los depuradores por condensación incluyen:

1. El líquido efluente puede crear problemas de contaminación del agua.
2. El producto de desecho se recolecta en húmedo.
3. Alto potencial para problemas de corrosión.
4. Se requiere protección contra el congelamiento.
5. El gas de salida puede requerir recalentamiento para evitar una pluma visible.

**OPCIÓN 2**

**Depurador tipo venturi**

Este tipo de tecnología es una parte del grupo de controles para la contaminación del aire llamados colectivamente “depuradores en húmedo.” Los depuradores tipo venturi también son conocidos como depuradores de chorro tipo venturi, o eyectores depuradores tipo venturi.

- **Tipo de tecnología**

Remoción de contaminantes del aire por interceptación inercial y difusión.

- **Contaminantes aplicables**

Los depuradores tipo venturi son usados principalmente para el control de materia particulada (MaP), incluyendo MP menor o igual a 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro y materia particulada menor o igual a 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Aunque son capaces de cierto control incidental de los compuestos orgánicos volátiles (COV), los depuradores tipo venturi están limitados a controlar gases con alta solubilidad.

- **Límites de emisión alcanzables / reducciones**

Las eficiencias de recolección de los depuradores tipo venturi varían del 70 a más del 99 por ciento, dependiendo de la aplicación. Algunos depuradores tipo venturi están diseñados con una garganta ajustable para controlar la velocidad de la corriente de gas y la caída de presión.

**Tipo de fuente aplicable:** Punto.

- **Aplicaciones industriales típicas**

Los depuradores tipo venturi han sido aplicadas al control de fuentes de emisión en las industrias químicas, de productos minerales, madera, pulpa y papel, de productos de piedra, y manufactureras de asfalto; las industrias del plomo, aluminio, hierro y acero, y acero gris; y a los incineradores municipales de residuos sólidos.

## Características de la corriente de emisión

- **Temperatura**

La temperatura de entrada suelen estar dentro del rango de 4 a 400 °C (40 a 750 °F).

- **Otras consideraciones**

En situaciones en donde el gas de desecho contiene tanto particulados como gases a ser controlados, los depuradores tipo venturi a veces son utilizados como un dispositivo de pre-tratamiento, removiendo la MaP para evitar la obstrucción de un dispositivo corriente abajo, tal como un depurador con *lecho empacado*, el cual ha diseñado para recolectar principalmente a los contaminantes gaseosos.

- **Requisitos de pre-tratamiento de la corriente de emisión**

Generalmente, no se requiere un pre-tratamiento para los depuradores tipo venturi, aunque en algunos casos el gas de desecho es humedecido para reducir la temperatura en los depuradores fabricados con materiales que son afectados por temperaturas altas.

- **Información de costos**

Los siguientes datos son los rangos de costo (expresados en dólares y quetzales) para los depuradores en húmedo tipo venturi de diseño convencional bajo condiciones típicas de operación.



Los costos no incluyen los costos de ventiladores y bombas para el tratamiento o desecho del solvente usado o residuos.

Los costos reales pueden ser sustancialmente más altos que en los rangos mostrados para aplicaciones que requieren materiales costosos, solventes, o métodos de tratamiento.

- **Costo de capital:** US 15,376.00 (Q. 116,096.00)
- **Costo de operación y mantenimiento:** US 6,300, (Q. 47,565.00), anualmente con capacitación al personal de la planta.
- **Costo anualizado:** US 9,000, (Q. 67,950.00), anualmente
- **Efectividad de costo:** US 76.95 por tonelada métrica (Q. 581.00).

- **Teoría de operación**

Un depurador tipo venturi acelera la corriente del gas de desecho para atomizar el líquido depurador y para mejorar el contacto entre el gas y el líquido.

A medida que el gas entra en la garganta tipo venturi, tanto la velocidad como la turbulencia del gas aumentan. Dependiendo del diseño del depurador, el líquido depurador es rociado dentro de la corriente de gas antes de que el gas se encuentre con la garganta tipo venturi. Entonces, el líquido depurador es atomizado en pequeñas gotas por la turbulencia en la garganta y la interacción entre las gotas y las partículas se aumenta.

Una vez que las partículas han sido capturadas por el líquido, la MaP humedecida y las gotas de líquido en exceso son separadas de la corriente de gas por una sección de arrastre que suele consistir de un separador ciclónico.

Los diseños actuales para los depuradores tipo venturi generalmente utilizan el flujo vertical de gas hacia abajo a través de la garganta tipo venturi e incorporan tres puntos principales:

1. Una sección de entrada de acercamiento en húmedo o pared inundada para evitar una acumulación de polvo en una intersección entre lo seco y lo húmedo;
2. Una garganta ajustable para la garganta tipo venturi para proveer ajuste de la velocidad del gas y la caída de presión; y
3. Un codo inundado localizado por debajo del venturi y adelante del separador por arrastre, para reducir el desgaste por las partículas abrasivas.

La garganta venturi a veces es recubierta con una capa de fibra para resistir la abrasión por las partículas de gas si éste fuera el caso.

- **Ventajas**

Las ventajas de los depuradores tipo venturi incluyen (*Cooper*):

1. Pueden manejar polvos inflamables y explosivos con bajo riesgo
2. Pueden manejar neblinas
3. Un mantenimiento relativamente bajo
4. Simple en diseño y fáciles de instalar
5. La eficiencia de recolección puede ser variada
6. Proporcionan enfriamiento para los gases calientes
7. Los gases corrosivos y polvos pueden ser neutralizados

- **Desventajas**

Las desventajas de los depuradores tipo venturi incluyen:

1. El líquido efluente puede crear problemas de contaminación del agua
2. El producto de desecho se recolecta en húmedo
3. Un alto potencial de problemas de corrosión
4. Se requiere protección contra el congelamiento
5. El gas de escape puede requerir recalentamiento para evitar una pluma visible
6. La MaP recolectada puede estar contaminada, y puede no ser reciclado
7. Desecho del fango residual puede ser muy costoso

En la tabla L se muestra una comparación de costos, entre las dos opciones mencionadas anteriormente, donde la opción 1 hace referencia un depurador por condensación y la opción 2 corresponde a un depurador tipo venturi. Se puede observar que la mejor de propuesta a implementar es la número 1.

Tabla L. **Comparación de costos entre depurador por condensación y depurador tipo venturi.**

<b>Descripción de costo</b>	<b>Opción 1 (Q.)</b>	<b>Opción 2 (Q.)</b>
Costo de capital	<b>93,305.75</b>	<b>116,096.00</b>
Costo de operación y mantenimiento	<b>40,015.00</b>	<b>47,565.00</b>
Costo anualizado	<b>52,850.00</b>	<b>67,950.00</b>
Efectividad de costo	<b>490.75</b>	<b>581.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>186,661.50</b>	<b>232,192.00</b>

Fuente: Trabajo de campo

Cada descripción de costos que se muestran en la tabla L, son el resultado de cotizaciones (*ver anexo D, figura 87 y 88 de la página 245 y 247 respectivamente*) por personal especializado en lo referente a control de gases particulados, como no particulados. De igual forman los costos que se muestran en la tabla anterior deben de ser analizados por junta directiva de la empresa, a fin de determinar si es factible la inversión ó si deben analizarse otras alternativas.



## CONCLUSIONES

1. Con la implementación del lubricante en seco INDOL D67C para la sección de trefilación, se logró percibir un ahorro anual de Q. 89,728.80.
2. Se establecieron formatos para analizar y llevar un control de paros de maquinaria, así como la documentación necesaria para determinar los porcentajes de eficiencia y capacidades por estación de trabajo para el área de trefilado, espigado y galvanizado; los cuales en su inicio no se poseían.
3. En la sección de espigado, las alternativas a implementar fueron del tipo mecánico, realizando cambio de poleas para eficientar la línea de producción en la sección de espigado equivalente a 414 rollos/semana, obteniendo una ganancia aproximada de Q. 200,000.00 semanales.
4. Con la implementación de las mejoras desarrolladas en el capítulo 4, en trefilación se reflejó un aumento de producción del 7.52% equivalente a 530.11 qq/semana y se redujo en un 60% el consumo de dados, que es el equivalente a 90 dados/semana; logrando con dicha reducción un ahorro monetario mensual del 20% en la sección de trefilación.

5. En el capítulo 5 se deja la documentación y metodología a seguir para la implementación de una guía que ayude a controlar los gases generados dentro de la sección de galvanizado.
  
6. Se elaboraron los formatos y material de apoyo referente a la toma de tiempos en el área de trefilado y espigado, así como una guía para el control de gases en el área de galvanizado; dando a conocer la metodología a seguir, la cual queda al alcance del personal de la planta para hacer uso de la misma en el momento que se requiera.

## RECOMENDACIONES

Sugerencia para el jefe de la planta de clavo y alambres perteneciente a la empresa de Aceros de Guatemala, S.A., así como a supervisores y personal operativo, lo siguiente:

1. Debido a que el estudio de tiempos y movimientos es una herramienta de suma importancia para su aplicación en la planta de clavo y alambres, se debe realizar dicho análisis por lo menos cada tres meses, a fin de darle seguimiento e implementar mejoras que reduzcan gradualmente los tiempos muertos.
2. Los formatos que se han establecido, están sujetos a renovación por parte del personal de la planta o analistas; por lo que deben de mejorarse cada tres meses como parte de una mejora continua.
3. Dar capacitación al personal de la planta cada mes, sobre el uso e interpretación de los resultados obtenidos al momento de utilizar el **Formato de Producción, AGSA**.
4. Existen distintas calidades de lubricantes en seco a utilizar en las máquinas trefiladoras, que dependen del tipo de máquina donde será implementado; por lo que se deben elaborar nuevas pruebas, utilizando otros tipos de lubricantes en seco por medio de una asesoría especializada, sin olvidar que el fin primordial de dichas pruebas es reducir los tiempos muertos, reducir el



consumo de dados, incrementar la capacidad productiva de la sección de trefilado con la menor inversión requerida y generar utilidad a la empresa.

5. Debido a que el área de espigado cuenta con un total de 14 máquinas, de las cuales 8 fueron estandarizadas en lo referente a capacidad productiva, se recomienda darle seguimiento al resto de la maquinaria utilizando el mismo sistema de relación de poleas, con el objetivo de estandarizar por completo dicha línea de producción.
6. Darle seguimiento al análisis de aquellas condiciones (velocidad de la máquina, experiencia del operador, calidad y consumo de dados, tipos de mantenimiento) que perjudican el incremento de eficiencia productiva, tanto para el área de trefilado como para el área de espigado y aplicar la mejora correspondiente a cada área en estudio.
7. Al momento de aplicar la guía para el control de gases en el área de galvanizado, se debe capacitar a los jefes de área en lo referente a la utilización y aplicación de dicha metodología, así como los formatos de trabajo necesarios a utilizar en dicha sección.
8. Se deja a decisión del jefe de la planta de clavo y alambres, supervisores y personal involucrado, la implementación de una guía para el control de gases en el área de galvanizado, con el objetivo de reducir los riesgos de peligro y contaminación existentes dentro y fuera de dicha área.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. **Estudio del Trabajo**. 2ª. Edición. México: Mc Graw Hill, 2005, pág. 15-205.
2. HITOSHI, Kume. **Métodos estadísticos para el mejoramiento de la calidad**. Argentina: 2000.
3. **Manual técnico de lubricantes, Shell de Guatemala, S.A.**
4. Severns, William Harrison. **La producción de energía mediante el vapor de agua, aire y gases**. México: Editorial Mexicana 2000.
5. SHIGLEY, Mitchel. **Diseño en Ingeniería Mecánica**. 4ª. Edición. México: Mc Graw Hill, 2001.
6. STEPHEN P., Mary Robbins Coulter. **Administración**. 6ª. Edición. México: Editorial Mexicana.
7. TORRES, Sergio. **Ingeniería de plantas**. Guatemala: 2004.



## **ANEXOS**

### **A. FOTOGRAFÍAS SOBRE DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES PARA LA SECCIÓN DE TREFILADO, ESPIGADO Y GALVANIZADO**



## Sección de trefilación

Figura 36. **Materia prima – Alambrón**



Figura 37. **Devanador-trefilación**



Figura 38. **Decapador mecánico**



Figura 39. **Caja de dados**



Figura 40. **Dados de tungsteno**



Figura 41. **Canastas - trefilación**



Figura 42. **Paso de máquina trefiladora**



## Sección de galvanizado

Figura 43. **Tabletas de zinc**



Figura 44. **Canastas - galvanización**



Figura 45. **Horno de Recocido**



Figura 46. **Tanque de enfriamiento**





Figura 47. **Canoa de ácido clorhídrico**



Figura 48. **Tanque de Amonio**



Figura 49. **Cama de calor**



Figura 50. **Horno de zinc**



Figura 51. **Máquina devanadora 1**



Figura 52. Máquina devanadora 2



## Sección de Espigado

Figura 53. Rollo de alambre espigado



Figura 54. Volante de máquina de espigado



Figura 55. Máquina de espigado



Figura 56. Canastas - espigado



Figura 57. Rollo alambre espigado AG-400



Figura 58. Rollo alambre espigado TORO



**B. FOTOGRAFÍAS DE MEJORAS EN EL ÁREA DE TREFILADO Y  
ESPIGADO**



## Sección de Trefilación

Figura 59. **Utilización de lubricante prueba en caja de dados**



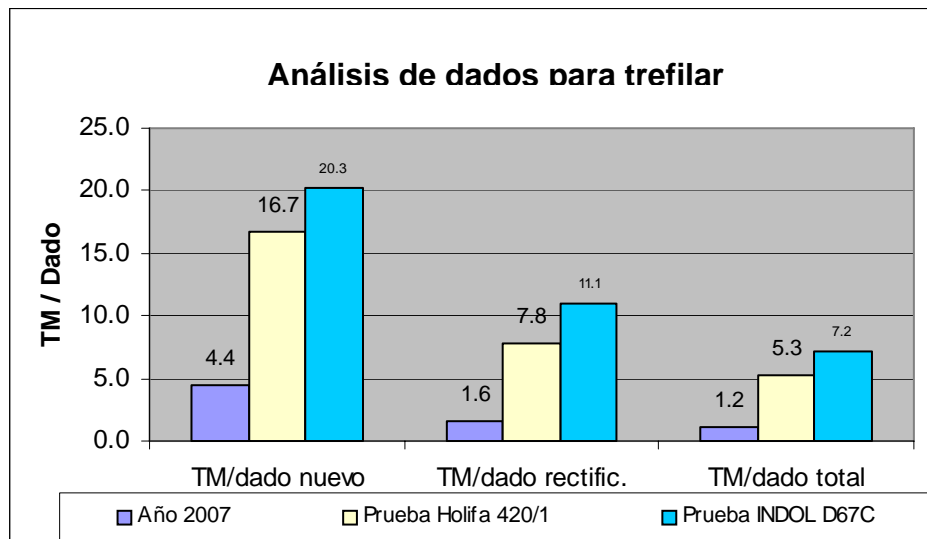
Figura 60. **Lubricante INDOL D67 C**



Figura 61. **Lubricación en el proceso de trefilado**



Figura 62. **Gráfico de análisis de consumo de dados para trefilar**



La interpretación al gráfico de la figura 62 de la página 213 es el siguiente:

### **Dados nuevos**

Con el lubricante en seco Holifa se puede observar que el rendimiento de los datos nuevos aumentó de 4.4 a 16.7 toneladas métricas por dado (3.8 veces mayor) comparado con el año 2007. Mientras que con el lubricante INDOL D67C el rendimiento de los datos nuevos aumentó de 4.4 a 20.3 toneladas métricas por dado (4.61 veces mayor) comparado con el promedio del año 2007. Por lo que el lubricante INDOL D67C fue el que mejor rendimiento registró referente a datos nuevos.

### **Dados rectificados**

Con el lubricante en seco Holifa se puede observar que el rendimiento de los datos rectificados aumentó de 1.6 a 7.8 toneladas métricas por dado (4.88 veces mayor) comparado con el año 2007. Mientras que con el lubricante INDOL D67C el rendimiento de los datos rectificados aumentó de 1.6 a 11.1 toneladas métricas por dado (6.94 veces mayor) comparado con el promedio del año 2007. Por lo que el lubricante INDOL D67C fue el que mejor rendimiento registró en los datos rectificados.

### **Dados Total (nuevos + rectificados)**

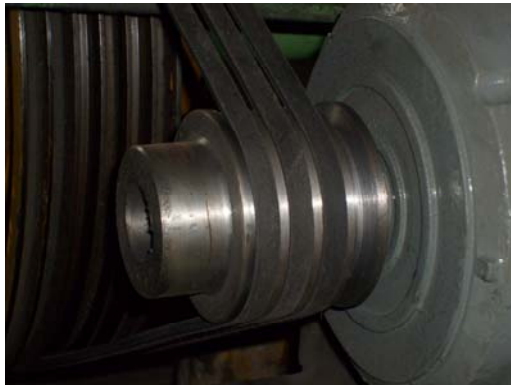
Con el lubricante en seco Holifa se puede observar que el rendimiento de los datos totales aumentó de 1.2 a 5.3 toneladas métricas por dado (4.42 veces mayor) comparado con el año 2007. Mientras que con el lubricante INDOL D67C el rendimiento de los datos totales aumentó de 1.2 a 7.2 toneladas métricas por dado (6 veces mayor) comparado con el promedio del año 2007. Por lo que el lubricante INDOL D67C fue el que mejor rendimiento registró referente a total de datos.

## Sección de Espigado

Figura 63. **Arreglo de motor y cambio de fajas en máquina IOWA**



Figura 64. **Cambio de poleas en motor de máquina IOWA**







**C. CÁLCULOS, ESPECIFICACIONES Y FORMATOS A UTILIZAR EN LA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRES PARA LA MEJORA EN EL CONTROL DE TIMPOS MUERTOS**



Figura 65. **Ecuaciones utilizadas para cálculo de salarios**

Ecuaciones utilizadas para el cálculo de salario por semana

Donde :

s.b. = sueldo base  
h.e. = horas extras  
sep. = séptimo  
inc. = incentivo  
igss = 4.095 %  
bon. = bonificación (Q. 250.00 mensuales)  
tot. = total

tot = (s.b. + h.e. + sep. + bon. - igss)  
h.e. = 4 hrs/día - jornada diurna  
6 hrs/día - jornada nocturna  
s.b. = (s.b. + h.e. + inc.)/7  
igss = (s.b. + h.e. + sep. + bon. + inc.) \* 0.04095

Figura 66. **Cálculos para obtención de relación de poleas**

Cálculos para obtención de Relación de Poleas

Las máquinas de espigado poseen un juego de 4 poleas que provocan el funcionamiento de dicha maquinaria .

Donde :

P1 = Polea uno  
P2 = Polea dos  
P3 = Polea tres  
P4 = Polea cuatro  
P4m = Polea cuatro mejorada  
P3m = Polea tres mejorada  
RPMmotor = revoluciones del motor  
R = radio de polea del motor (cm)  
R' = radio de polea del motor mejorada  
Reje = radio polea del eje (cm)  
rel. = relación de poleas

rel. = P1/P2  
P4m = P4 (revoluciones de máquina piloto)  
P3m = P4m/rel.  
R' = (RPMmotor \* P3m)/Reje

Figura 67. Especificaciones técnicas del producto a fabricar en la planta de clavo y alambres

Diametro		utilizado en fabrica		utilizado en fabrica
Calibre BWG	nomina mm	Minimo	Maximo	Maximo
20	0.889	0.900	1.000	
18	1.245	1.240	1.320	
17	1.473	1.470	1.540	
16	1.651	1.650	1.700	
15	1.828	1.750	1.850	
14	2.108	2.000	2.100	
13	2.413	2.380	2.450	
12.5	2.581	2.500	2.600	
12	2.769	2.700	2.800	
11	3.048	3.000	3.100	
10	3.404	3.380	3.480	
9	3.769	3.800	3.900	
8	4.161	4.150	4.250	
7	4.572	4.500	4.600	
6	5.156	5.150	5.250	
5	5.588	5.500	5.600	
4	6.045	6.000	6.100	
3	6.579	6.500	6.600	
2	7.121	7.100	7.200	

Marca Comercial	Tipo de alambre	Calibre de alambre utilizados		Distancia entre púas (pulg)	Numero de púas por aprox. (rollo)	Largo del rollo (varas)	Peso del rollo (lbs)
		Centro	Púas				
AG-400	lowa	15	15	5.00	2540	400	40 ± 1
Ganadero	lowa	16	16	5.00	2640	400	37 ± 1
Toro	lowa	14	15	4.25	2240	290	37 ± 1
Económico	moto	15	16	4.25	2325	300	32 ± 1
Cerca	moto	16	16	4.50	2950	400	35 ± 1

Clavo de lamina	largo	Calibre	empaque cajas de 50 lbs	Recubrimiento superficial	
				con pintura de aluminio	Unidades / libra aprox.
2-1/2 X 9	2-1/2"	9	54		

Roldana para formar la cabeza del clavo de 20mm de diametro x 0.65mm de espesor

Especificaciones del Alambre de Amarre	
Materia Prima	Alambre trenzado calibre 16 BWG
Proceso	Recocido de Alambre
Empaque	Rollos de 100 lbs ± 1 lb
Mts/rollo aprox.	2702.332787
Varas/rollo aprox.	3217.062842
Mts/libra aprox.	27.02332787
Varas/libra aprox.	32.17062842

Especificaciones de clavo de madera:							
especificación del clavo	largo del clavo en pulgadas	calibre BWG utilizado	Unidad/libra aprox.	empaque caja de	Diametro de cabeza mm		
1/2 x 20	1/2	17	1910	50 lbs	3.50 ± 0.5		
3/4 x 18	3/4	17	1410	50 lbs	3.50 ± 0.5		
1 x 16	1	16	944	50 lbs	3.75 ± 0.5		
1 1/4 x 16	1 1/4	16	757	50 lbs	3.75 ± 0.5		
1 1/2 x 15	1 1/2	15	540	50 lbs	4.00 ± 0.5		
1 1/2 x 14	1 1/2	14	415	50 lbs	4.75 ± 0.5		
2 x 13	2	13	230	50 lbs	5.50 ± 0.5		
2 x 12	2	12	192	50 lbs	6.00 ± 0.5		
2 1/2 x 10	2 1/2	10	98	50 lbs	6.50 ± 0.5		
2 1/2 x 12	2 1/2	12	149	50 lbs	6.00 ± 0.5		
3 x 10	3	10	81	50 lbs	6.50 ± 0.5		
3 x 9	3	9	65	50 lbs	7.50 ± 0.5		
4 x 8	4	6	27	50 lbs	10.50 ± 0.5		
4 x 8	4	8	39	50 lbs	8.25 ± 0.5		
5 x 5	5	5	44	50 lbs	11.25 ± 0.5		
5 x 6	5	6	21	50 lbs	10.50 ± 0.5		
6 x 4	6	4	13	50 lbs	12.00 ± 0.5		
6 x 5	6	5	16	50 lbs	11.25 ± 0.5		
7 x 3	7	2	8	50 lbs	13.75 ± 0.5		
8 x 2	8	2	7	50 lbs	13.75 ± 0.5		

BWG = Birmingham Wire Gauge

Figura 68. Especificaciones y normas para los procesos productivos realizados en la planta de clavo y alambres

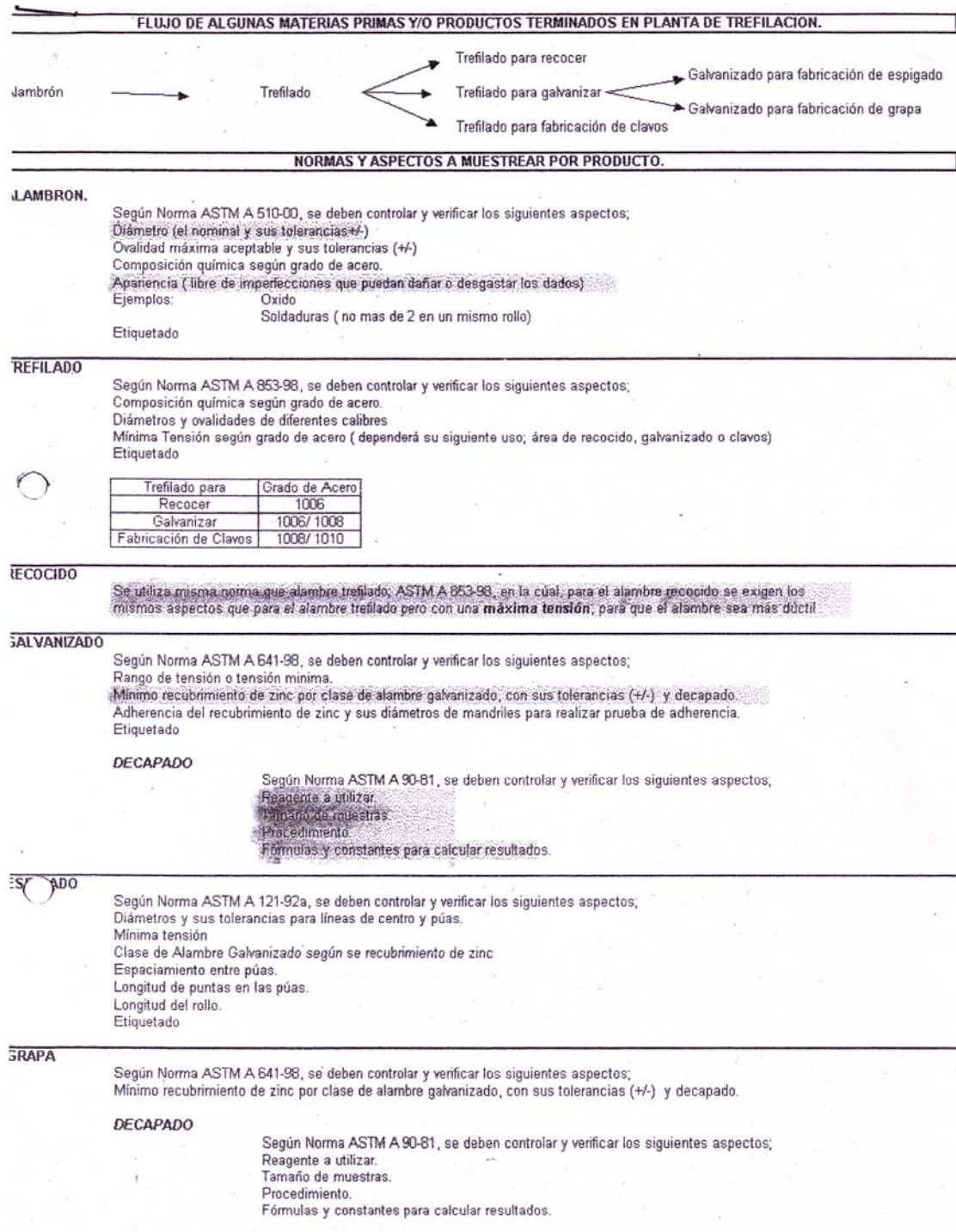


Figura 69. **Carta sobre proveedores de lubricantes en seco para la sección de trefilación**

**Ing. Publio Fajardo**

---

**De:** "Ing. Clara Quezada" <cquezada@acerosdeguatemala.com>  
**Para:** "Ing. Publio Fajardo" <pfajardo@acerosdeguatemala.com>  
**Enviado:** Martes, 29 de Abril de 2008 03:23 p.m.  
**Asunto:** RE: costos de polvo

Ing. Publio Fajardo.

Adjunto un cuadro comparativo de costos,

Proveedor	Material	Origen	Precio CIF Guatemala	Obs
Qualytex	Ferrocapa 2907	México	\$2.65/ Kg	Es el mismo producto suministrado por Henkel. Disponibilidad Inmediata.
Holifa, Alemania	B-420/1	Alemania (Venezuela)	€1.35/Kg = \$ 2.10/Kg	• Si se compra contenedor completo 15TM
Nopco Colombiana S.A.	Indol D 67 C	Cartagena	\$2.13 /Kg	

Saludos cordiales,

Ing. Clara Quezada

---

**De:** Ing. Publio Fajardo [mailto:pfajardo@acerosdeguatemala.com]

**Enviado el:** Martes, 29 de Abril de 2008 11:54 a.m.

**Para:** Clara Quezada

**Asunto:** costos de polvo

Clara:

buenas tardes, solo la quería molestar para ver si me puede proporcionar el costo del polvo por kilogramo, tanto para el polvo HOLIFA 420/1 y para el INDOL D 67 C.

Saludos gracias

Publio fajardo





Para la recopilación de datos en el área de trefilado, se debe de seguir la siguiente metodología:

1. Identificar el número de máquina y colocarlo en la primer columna del formato.
2. Colocar la fecha y hora en que se produjo el paro (2da. y 3ra. columna).
3. Colocar la fecha y hora en que inició actividades la máquina (3er. y 4ta. columna)
4. Determinar la duración del tiempo muerto (5ta. columna)
5. Identificar el motivo por el cual la máquina tuvo un paro.

Para la recopilación de datos en el área de espigado, se debe de seguir la misma metodología que para la sección de trefilado. Cada uno de los formatos presentados en éste apartado, deberán ser utilizados diariamente, para identificar con mayor precisión los paros que tuvo se presentaron durante el día en cada una de las secciones. Los encargados de llevar el control de éstos reportes de tiempos muertos serán los operadores de cada máquina tanto para la sección de trefilado como de espigado.

Así mismo, se presentan algunas fichas técnicas a implementar en la sección de galvanizado, al momento de poner en marcha la propuesta que se plantea en el capítulo 5. Cada uno de los formatos, fichas de riesgo, etc. deben ser utilizados adecuadamente cada semana, dependiendo del tipo de actividad que se desee analizar. Por ejemplo, las fichas de identificación de riesgos se deben de aplicar cuando exista personal nuevo en la planta y así determinar el conocimiento e informar a la persona sobre el proceso productivo de galvanización de alambres; la ficha de seguimiento debe de realizarse como mínimo 3 veces por semana, a fin de identificar anomalías y posibles mejoras que beneficien a la planta y personal operativo. Es por ello que la utilización de los formatos presentados en este apartado, queda a criterio de la jefatura.

Figura 71. Muestra de control de tiempos muertos en sección de trefilado

Semana del: 04-08-08 al 10-08-08

**Aceros de Guatemala, S.A.**  
 Planta de Clavo y Alambre  
 Reporte semanal de paros en maquinaria  
 Sección de Trefilación de Alambres


Maquina #	Paro		Inicio		Duracion	Tipo de paro	Motivo
	Fecha	Hora	Fecha	Hora			
01	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		X Limpiar paredes aria de trefilacion
02	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
04	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
06	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
07	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
09	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
10	04-08-08	02:00.AM	04-08-08	13:00 hrs	360		
10	04-08-08	23:50 hrs	05-08-08	01:40 AM	110		calentamiento Gabinete principal
05	05-08-08	18:30 hrs	05-08-08	13:30 hrs	420		X frenado de col-17 para clavo
05	06-08-08	14:30 hrs	06-08-08	01:50 AM	400		X Falta de alambre y trabajar el troquel
10	06-08-08	10:00.AM	06-08-08	11:00.AM	60		X problema electronico tarjeta
01	06-08-08	07:00.AM	06-08-08	13:00 hrs	360		Operador con permiso a IGS.
02	07-08-08	15:00 hrs	07-08-08	17:30 hrs	150		problema electrico
02	08-08-08	07:15.AM	08-08-08	11:30.AM	255		problema electronico
10	09-08-08	13:00 hrs	09-08-08	15:00 hrs	120		
					Total:		







Figura 75. Ficha de control de actividades para la solución sistemática de problemas



**CONTROL DE ACTIVIDADES PARA LA SOLUCION SISTEMATICA DE PROBLEMAS**

Departamento de Ingeniería

Fecha: 05/05/2008

PLANTA: CLAVO Y ALAMBRE

FECHA: 00/01/1900

AREA DE ESTUDIO:

INGENIERO RESPONSABLE:

LINEA	PROBLEMA	CAUSAS	PLAN DE ACCION	RESPONSABLE	FECHA EN QUE INICIA	FECHA EN QUE TERMINA	OBJETIVO CUMPLIDO	OBSERVACIONES
							SI NO	
							SI NO	
							SI NO	
							SI NO	
							SI NO	

Figura 76. Formato de toma de revoluciones en sección de espigado

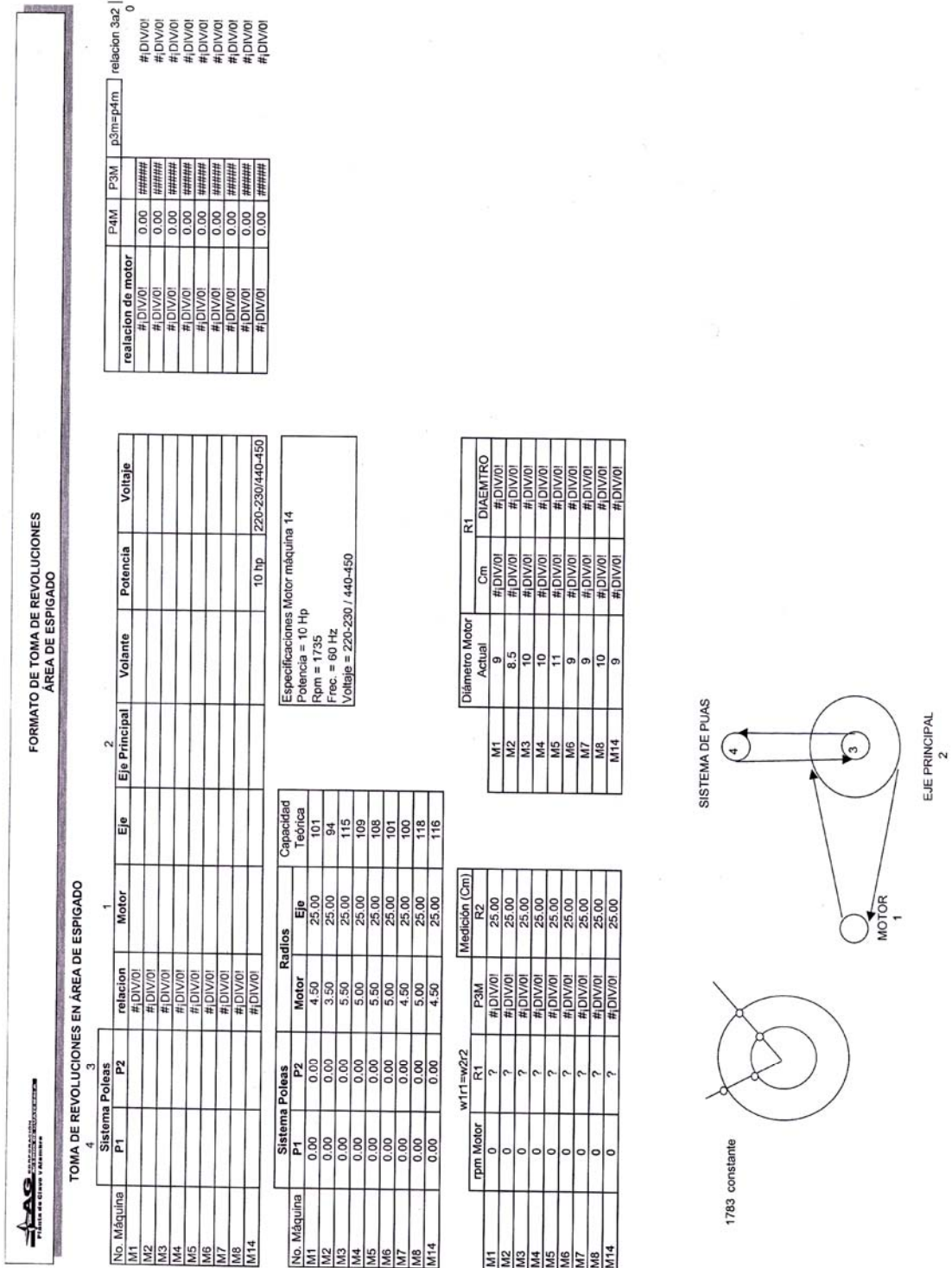
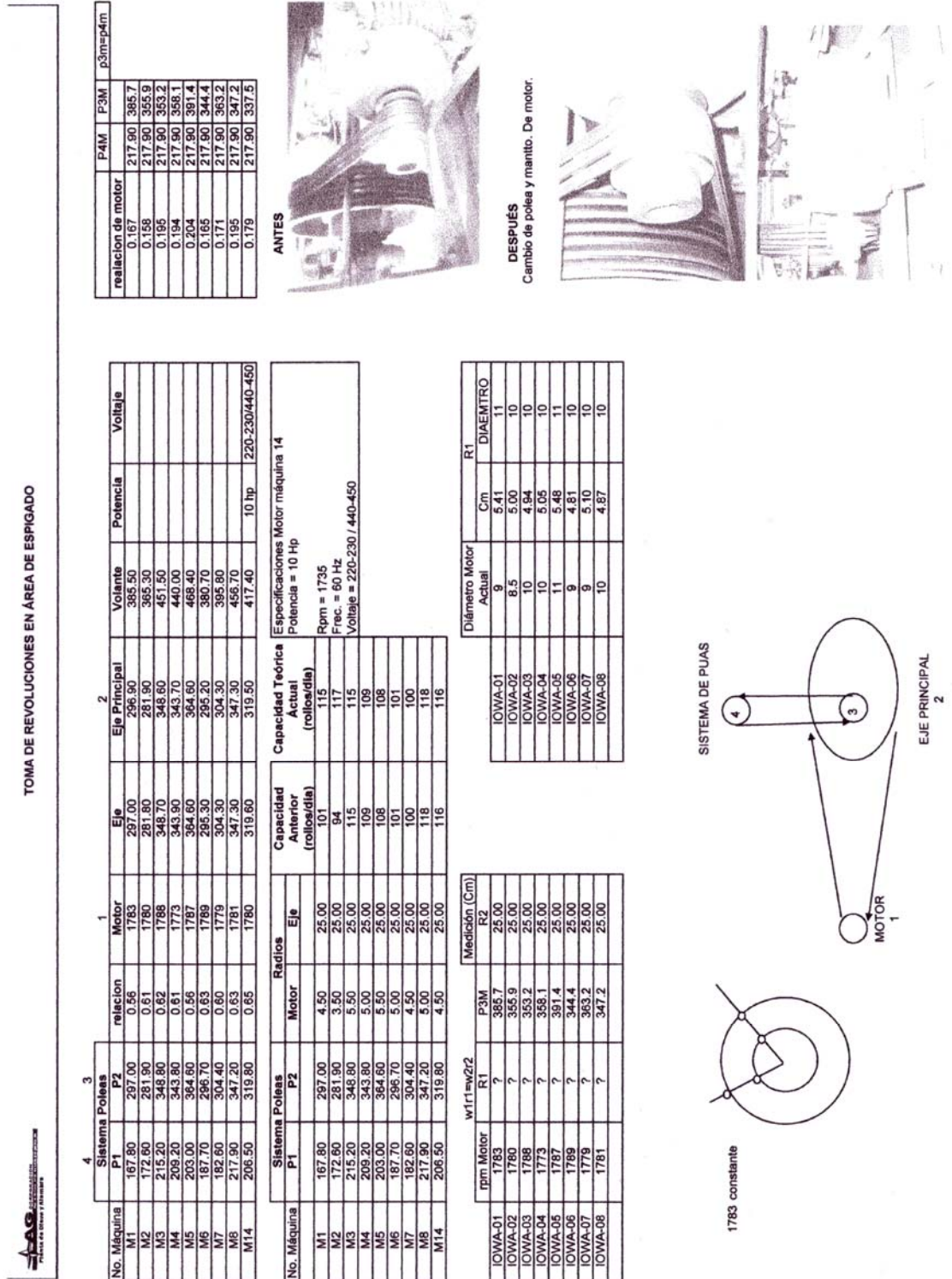


Figura 77. Muestra de toma de revoluciones en sección de espigado







**D. HOJAS TÉCNICAS DE UN SISTEMA DE TIRO INDUCIDO, FICHAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGO, COTIZACIONES DE EQUIPOS Y FORMATOS A UTILIZAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL CONTROL DE GASES.**

Figura 79. Uso y aplicación de un sistema de tiro inducido

de agua. A modo de orientación, el tipo n.º 3 se emplea cuando el tiro requiere ser más pequeño de 3,8 cm de agua. Cada tipo de difusor puede trabajar desarrollando el máximo tiro inducido, o bien tiro natural parando el ventilador. Cuando los gases son corrosivos o están muy calientes conviene emplear el tipo n.º 2, el cual tiene el ventilador colocado en el exterior; en este caso el ventilador inyecta un chorro de aire frío a través de la tobera del inyector. Los difusores del tipo n.º 1 pueden combinarse con ventiladores simples o bien gemelos.

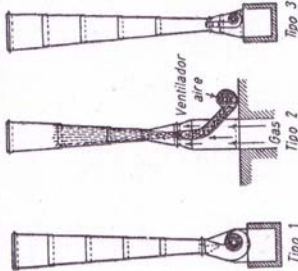


FIG. 102. Chimeneas Prat-Daniel combinadas con ventiladores.

Las paredes laterales del difusor forman un ángulo de 7º con relación a la vertical, produciéndose una aspiración cuando los gases pasan a gran velocidad por la sección estrangulada del mismo. La velocidad de los gases va disminuyendo gradualmente a medida que ascienden por el interior del cono invertido, eliminándose considerablemente la resistencia opuesta a la corriente de gases, y, como consecuencia, se reduce la cantidad de energía consumida para su trasiego. Los difusores pesan relativamente poco, y generalmente los conductos que los unen con las calderas son cortos.

**162. Ventiladores.** Cuando es preciso mover los gases venciendo presiones comprendidas entre 0 y 38 cm de agua se recurre a los ventiladores, los cuales se emplean en gran extensión en las centrales térmicas, secaderos, instalaciones de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, conducción y refrigeración.

En esencia un ventilador consiste en una "rueda o impulsor giratorio rodeado de una envolvente estática o carcasa. La National Association of Fan Manufacturers, Inc., nombra y define los tipos de ventiladores en la forma indicada en la figura 103. En los ventiladores se comunica energía al gas trasgado mediante el impulsor o rodete, con lo cual se crea una diferencia de presión y se produce la corriente de gas. La palabra ventilador se suele aplicar a aquellos aparatos los cuales no aumentan la densidad del gas trasgado por ellos más del 7%. Los ventiladores también se conocen con el nombre de extractores. La diferencia entre un ventilador y un extractor consiste en que el primero descarga los gases venciendo una cierta presión en su boca de salida; el segundo, saca los gases de un recinto por aspiración y los descarga con una ligera presión. Ciertos tipos de ventiladores trabajados entre determinados límites de presión pueden servir como aspiradores y ventiladores. Los tipos de ventilador representados en la figura 103 son de

En dichos casos la chimenea necesaria para crear el tiro requerido puede resultar de altura y costo excesivos y, como consecuencia, tener que recurrir al tiro mecánico. En términos generales, el tiro mecánico está indicado cuando las calderas tengan que trabajar a un régimen más grande del normal, o cuando tienen que abastecer rápidamente demandas de vapor repentina. Las calderas equipadas con tiro mecánico no necesitan chimeneas tan altas y costosas como las exigidas con tiro natural. Sin embargo, algunas veces se instalan con altas chimeneas por cuestiones reglamentarias, o para que los humos, gases y cenizas que salen por ellas no puedan molestar a los propietarios próximos a las mismas. El costo inicial, conservación, depreciación y costos de funcionamiento del equipo del tiro mecánico deben compararse con los correspondientes a una chimenea que por tiro natural cree el mismo efecto, antes de decidirse por uno u otro sistema.

**160. Diferentes sistemas de tiro mecánico.** Los más corrientes son dos: el forzado y el inducido. Cada uno de ellos puede emplearse solo o en combinación, tal como aparece en la figura 57.

El tiro forzado se obtiene soplando aire en el interior de los hogares herméticos debajo de las parrillas y hogares mecánicos, o a través de quemadores de carbón pulverizado. El aire es introducido a presión y atraviesa el lecho de combustible, o quemador, para llegar hasta la cámara de combustión del hogar. Tratándose de tiro forzado, la técnica seguida consiste en evacuar los productos de la combustión de la caldera propiamente dicha por un natural, o inducido, o combinación de los dos.

El tiro inducido se consigue con un ventilador de «chorros» o con un ventilador centrífugo colocado en los humerales, entre las calderas y la chimenea o en la base de ésta. Caso de haber recuperador, el equipo de tiro inducido se instala entre la salida del recuperador y la chimenea. El efecto del tiro inducido consiste en reducir la presión de los gases en la cámara de la caldera por debajo de la presión atmosférica y descargar los gases a la chimenea con una presión positiva.

El tiro inducido puede crear una depresión en el hogar de valor apropiado para que el aire del exterior atraviese en suficiente cantidad el lecho de combustible. Los hogares mecánicos con alimentación por la parte inferior requieren tiro forzado. Cuando se emplea una combinación de tiros inducidos y forzado de manera que sobre el fuego del hogar la presión es prácticamente atmosférica, se dice que el tiro es *equilibrado*. En el párrafo 106 se describen calderas en las que en los hogares los productos de la combustión están a una presión relativa de 2,1 kg/cm<sup>2</sup>.

**161. Chimeneas-difusores combinados con ventiladores.** En la figura 102 aparecen tres tipos de estos difusores. El tipo n.º 1 está indicado para la mayoría de los casos en que se requiere tiro inducido, pero por lo general se aplica cuando debe mantenerse una diferencia de presión más grande de 3,8 cm

dos clases : *axiales* (de hélice, tubo-axial, deflector-axial), y *centrífugos* y radiales.

163. Ventiladores de flujo axial. En estos aparatos el flujo o corriente de fluido gaseoso es esencialmente paralelo al eje longitudinal o eje de giro de la hélice o rodete. Cada uno de los tipos de ventiladores representados en la

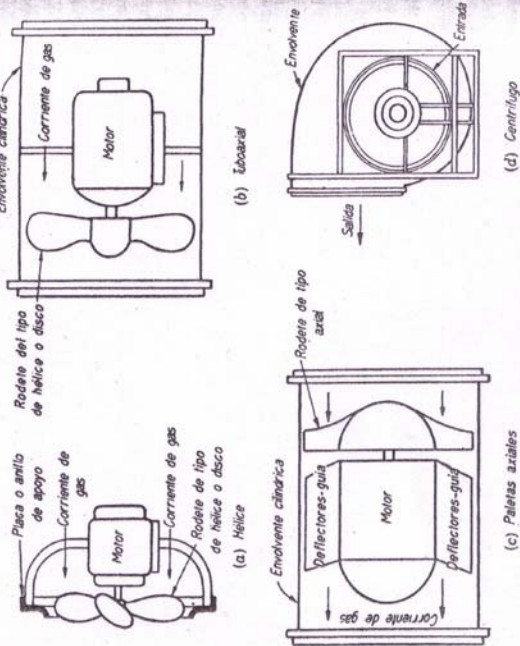


FIG. 103. Tipos de ventiladores. (Con autorización de la National Fan Manufacturers Association, Inc.)

figura 103 tiene su elemento impulsor montado en el eje del motor. Cuando interesa, la hélice puede montarse con eje propio y cojinetes independientes del motor, el cual se instala fuera de la corriente de los gases en una silleta solitaria de la carcasa del ventilador. En este caso la transmisión entre motor y hélice se efectúa con poleas acanaladas y correas trapezoidales. Las paletas de los rodetes de los ventiladores axiales varían en cuanto a su número, forma, ajustabilidad, ángulo con respecto al eje de giro, material y forma de construcción, así como en la relación entre el diámetro del cubo y del rodete.

Los rodetes de los *ventiladores de hélice* [fig. 103 (a)] están centrados con un anillo o aro que rodea su periferia. La forma de este aro es muy importante, toda vez que su misión es evitar que retroceda el aire proyectado por el borde de las paletas, con la consiguiente disminución del rendimiento.

En los ventiladores de hélice se emplean también paletas aerodinámicas, con ángulo de ataque variable y ajustable. Los ventiladores de hélice y de disco se emplean muchísimo para mover masas de aire venciendo pequeñas resistencias, como sucede en los aparatos de ventilación, y para descargar aire en los espacios situados debajo de parrillas destinadas a quemar combustible sólido de gran tamaño.

Tanto los ventiladores tubo-axiales [fig. 103 (b)] como los deflector-axiales [fig. 103 (c)] tienen carcasas tubulares, paletas helicoidales montadas sobre grandes cubos, y pueden trabajar venciendo resistencias del orden de 22 ÷ 25 cm de agua. Los ventiladores tubo-axiales no llevan paletas directrices de ninguna clase; en cambio los deflector-axiales tienen deflector-guía fijos, emplazados en la corriente gaseosa, antes o después del rodete. Su misión consiste en dirigir el fluido gaseoso y reducir las pérdidas de energía ocasionadas por los torbellinos, aumentando, como consecuencia, el rendimiento del ventilador. La envolvente cilíndrica de estos tipos de ventiladores permite instalarlos formando parte de la red de canalizaciones a que están destinados. Esta disposición resulta muy ventajosa desde el punto de vista del espacio ocupado. Cualesquiera de estos ventiladores, cuando se instalan en la entrada de una canalización, pueden tener forma acompañada para disminuir los rozamientos y turbulencia del aire al entrar en ellos.

El ventilador de flujo axial, de tipo comercial representado en la figura 104, tiene paletas móviles, que se pueden ajustar después de terminar la instalación, para compensar las resistencias imprevistas que haya que vencer. Otros tipos de ventiladores de flujo-axial están contruidos de manera que la posición de los deflectores-guía se varía desde el exterior mediante una palanca. Esta disposición permite variar el caudal del ventilador cuando su rodete gira a velocidad constante.

164. Ventiladores centrífugos. El equipo impulsor del aire o gas, en las instalaciones de tiro forzado o inducido, puede estar constituido por ventiladores centrífugos de los tipos siguientes: (1) de disco; y (2) de paletas o álabes múltiples.

Todos los ventiladores centrífugos [fig. 103 (d)] están contruidos por un rodete que gira dentro de una carcasa o envolvente, construida generalmente de plancha metálica. Dicha envolvente tiene la forma de espiral (figura 105), la cual permite que el aire sea lanzado de la periferia del rodete con pérdidas reducidas y ligera turbulencia.

Los rodetes de los ventiladores centrífugos tienen sus álabes situados en o cerca del borde de aquél. El efecto producido por un rodete al girar surge de la tendencia del gas, adyacente a las caras anteriores de las paletas, a desplazarse radialmente hacia afuera como consecuencia de la fuerza centrífuga, siendo lanzado desde los bordes de las paletas hacia la envolvente. Como resultado de este movimiento se origina una presión inferior a la atmosférica

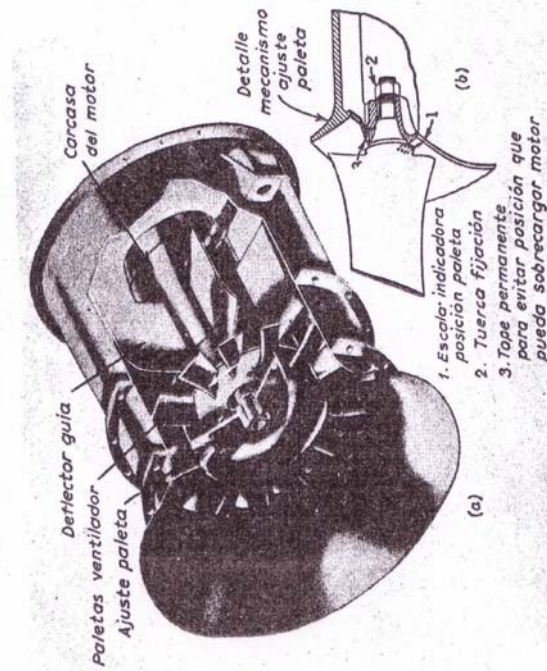


Fig. 104. Ventilador Joy axial con paletas regulables.

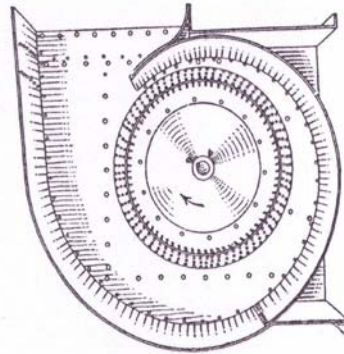


Fig. 105. Rodete y caja del ventilador con la tapa desmontada.

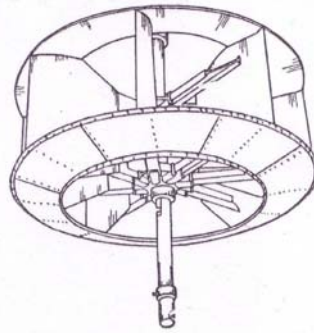


Fig. 106. Rodete de ventilador de plancha de acero.

en el centro del rodete, y otra presión positiva en la envolvente que le rodea. Para reemplazar el descargado por el ventilador, el aire o gas fluye axialmente hacia dentro del rodete. De lo dicho se deduce que los ventiladores centrífugos pueden emplearse no solamente como aspiradores de aire o gases de canalizaciones conectadas a su boca de aspiración u «oído», sino que también pueden utilizarse para descargar el mismo aire o gases, a presiones de varios centímetros (o pulg.) de columna de agua, en canalizaciones unidas a su boca de salida o de descarga.

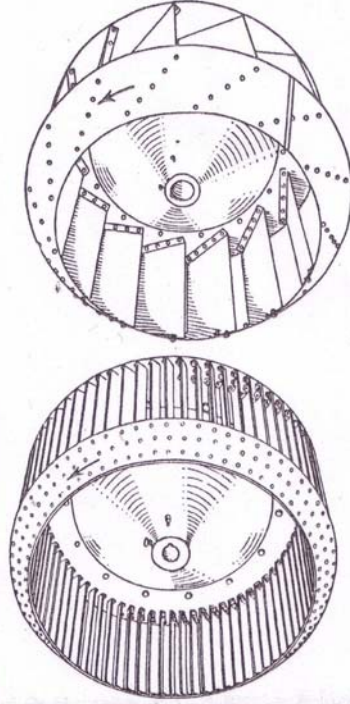



Fig. 107. Rodete de ventilador con paletas curvadas hacia adelante.

Fig. 108. Rodete de ventilador con paletas curvadas hacia atrás.

**VENTILADORES DE DISCO.** En los ventiladores de este tipo el rodete consiste en una o dos «arañas», cada una de las cuales tiene de 6 a 12 brazos. Cada par de brazos lleva una paleta de plancha plana, en parte radial, tal como aparece en el rodete representado en la figura 106. Las paletas del rodete pueden ser rectas, o bien curvadas hacia adelante o hacia atrás, según las características de funcionamiento deseadas. La curvatura de las paletas tiene una marcada influencia sobre el comportamiento de un tipo de ventilador determinado.

**VENTILADORES CON PALETAS MÚLTIPLES.** Estos ventiladores pueden tener las paletas curvadas hacia adelante, como en la figura 107, o hacia atrás, como en las figuras 108 y 109. En todos los tipos representados el rodete está formado por un disco sobre el cual va montado el cubo, y una corona de paletas o anillo, unida al disco por una serie de paletas, o álabes, repartidos a distancias iguales. En las figuras 107 y 108 las paletas son delgadas, macizas y curvadas, y van unidas al disco y corona mediante remaches. Cuando la anchura del rodete debe ser más grande que la representada en las figu-

Figura 80. Identificación de riesgos por agentes químicos

 <p><b>AG</b> CORPORACIÓN ACEROS DE GUATEMALA Planta de Clavo y Alambre</p>	<p><b>Identificación de riesgos por agentes químicos</b></p>
--	--

Área de trabajo: \_\_\_\_\_

Puesto de trabajo: \_\_\_\_\_

Hombre  Mujer

Condiciones personales especiales:  Mujer embarazada/ lactante  Persona sensible a ciertos productos  Otros

1. ¿Utilizas o estás expuesto a materiales o productos químicos en tu trabajo?  Sí  NO

2. ¿Para qué se utilizan o de dónde proceden?

3. ¿Están etiquetados los envases?  Sí  NO

4. ¿Conoces el nombre químico además de la denominación comercial?  Sí  NO

5. Si es una mezcla, ¿sabes cuál es el nombre de cada componente?  Sí  NO

6. ¿Tienes información sobre los efectos o daños que pueden tener para la salud y el medio los productos que utilizas?  Sí  NO

7. ¿Cuáles son las vías por las que puede penetrar el tóxico en el organismo?  
 Por la vía respiratoria  Ingestión  Por la piel

8. ¿Existe riesgo de accidente (salpicaduras, incendio, explosión...) por la presencia o manipulación de los materiales o productos?  Sí  NO

¿A qué se debe el riesgo? \_\_\_\_\_

9. ¿Has padecido o padeces algún problema de salud o molestia relacionado con el uso de productos químicos en el trabajo? (Ej. mareos, picor de ojos, dermatitis, etc.).  Sí  NO

10. Si has sufrido una intoxicación, ¿cuándo aparecieron los síntomas?  
 Poco tiempo después de usar el producto. Agudos  Algún tiempo después de usar el producto. Crónicos

11. Los materiales o productos usados o presentes en tu puesto de trabajo pueden ser causa de contaminación del medio ambiente externo al lugar de trabajo?  Sí  NO

12. ¿Se vierten sustancias contaminantes a los desagües o sumideros?  Sí  NO

13. ¿Los envases de los productos químicos peligrosos se separan y gestionan como residuos peligrosos?  Sí  NO

14. ¿Existen residuos peligrosos en bidones u otros envases abiertos, rotos o sin etiquetar?  Sí  NO

15. ¿Conoces a qué concentración o dosis se producen efectos nocivos para la salud o el medio ambiente?  Sí  NO

16. ¿Existe un límite máximo permitido para las sustancias que utilizas en tu puesto de trabajo (VLA o TLV o similar)? ¿Puede respirarse cualquier cantidad? ¿Protege a toda la población trabajadora de todos los efectos?  Sí  NO

17. ¿Cuáles son las medidas de emergencia/primeros auxilios?  
 en caso de contacto  con los ojos  con la piel  inhalación  ingestión  vertido o emisión al medio ambiente

18. ¿Existen los medios adecuados en el botiquín de la empresa?  Sí  NO

19. ¿Está previsto el plan de actuación ante casos urgentes? (teléfonos de emergencia, transporte sanitario, información a los centros de referencia sobre el tipo de emergencias que se pueden dar y si es necesario alguna medida o medio específico: pruebas analíticas, medicaciones neutralizantes, fármacos especiales, etc.).  Sí  NO

20. ¿Conoces las sustancias con las que no se deben mezclar los productos que utilizas?  Sí  NO

21. ¿Puede reaccionar la sustancia, en determinadas condiciones de presión o temperatura, y generar otros productos químicos?  Sí  NO

22. ¿Sabes cómo actuar en caso de derrames de la sustancia?  Sí  NO

23. ¿Tienes información sobre alternativas menos peligrosas para las sustancias que utilizas?  Sí  NO


24. ¿Conoces otros métodos de trabajo que eviten o reduzcan el riesgo de exposición?  Sí  NO

25. ¿Conoces las medidas colectivas e individuales que el empresario está obligado a tomar para controlar la contaminación en el lugar de trabajo?  
 SÍ  NO
26. ¿Se revisan y mantienen periódicamente los equipos de aspiración y ventilación?  
 SÍ  NO
27. ¿Conoces qué medios específicos de protección personal (EPI) se deberían utilizar para proteger?  
 los ojos  la piel  la vía respiratoria
28. ¿Se recambian los EPI con la frecuencia necesaria, según las indicaciones del fabricante?  
 SÍ  NO
29. ¿Conoces qué equipos y métodos deberían utilizarse para...?  
 una correcta manipulación  un correcto almacenamiento  un correcto transporte
30. Si se trata de una sustancia inflamable, ¿tienes información sobre métodos de extinción de incendios?  
 SÍ  NO

Figura 81. Modelo de etiqueta para identificación de químicos

Identificación de peligros	<p>T — F</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">             Tóxico         </div> <div style="text-align: center;">             Fácilmente inflamable         </div> </div>	ABCDE-33	Identificación del producto (nombre químico de la sustancia o nombre comercial del preparado)
Descripción del riesgo (Frases R)	R 11-23/25: Tóxico por inhalación y por ingestión	Contiene...	Composición (para los preparados, relación de sustancias peligrosas presentes según la concentración y toxicidad)
Medidas preventivas (Frases S)	S 7-16-24-45: Manténgase el recipiente bien cerrado. Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar. Evítense el contacto con la piel. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).	XXX, S.A. Av. Aby... Tel.:	Responsable de la comercialización (nombre, dirección y teléfono)

Figura 82. Guía de inspección para la identificación de riesgos químicos



**AG** CORPORACIÓN  
ACEROS DE GUATEMALA  
Planta de Clavo y Alambre

### Guía de inspección para Identificación de riesgos químicos

Área de trabajo: \_\_\_\_\_

Puesto de trabajo: \_\_\_\_\_

Hombre  Mujer

Personas sensibles:  Mujer embarazada/ lactante  Diabéticos, asmáticos, sensibilizados, etc.

➤ Formación/Información

1. ¿Conocen los trabajadores y trabajadoras los riesgos potenciales de las sustancias almacenadas, utilizadas o generadas en el puesto de trabajo?  SÍ  NO
2. ¿Han recibido formación sobre la forma segura de manipular las sustancias tóxicas?  SÍ  NO
3. ¿Están todos los envases etiquetados?  SÍ  NO
4. ¿Están claramente señalizadas las tuberías por las que circulan sustancias químicas?  SÍ  NO
5. ¿Se han establecido procedimientos a seguir en caso de escapes, derramamientos, incendios o emergencias?  SÍ  NO
6. ¿Saben los trabajadores y trabajadoras cómo y cuándo deben utilizar los equipos de protección personal?  SÍ  NO
7. ¿Se ha informado a los trabajadores y trabajadoras sobre los hábitos higiénicos a mantener durante el trabajo, al finalizar el mismo y antes de ingerir alimentos o bebidas?  SÍ  NO
8. ¿Se ha recibido información sobre la peligrosidad para el medio ambiente, y la forma de tratar y eliminar los residuos, vertidos y emisiones?  SÍ  NO
9. ¿Las sustancias tóxicas utilizadas son necesarias o pueden sustituirse por otras menos nocivas para la salud y el medio ambiente?  SÍ  NO
10. ¿El nivel de exposición se sitúa dentro de los límites considerados aceptables?  SÍ  NO
11. Cuando no se están utilizando, ¿están las sustancias tóxicas en envases cerrados?  SÍ  NO
12. ¿Hay trabajadores y trabajadoras innecesariamente expuestos a tóxicos?  SÍ  NO
13. ¿Existen sistemas de aspiración localizada o de ventilación general para controlar los tóxicos que puedan generarse en el puesto de trabajo?  SÍ  NO
14. ¿Hay equipos adecuados de aspiración para eliminar los contaminantes generados en operaciones como molienda, soldadura, pintura con spray, desengrasado a vapor, etc.?  SÍ  NO
15. ¿Disponen los sistemas de aspiración, extracción y/o ventilación de filtros para evitar la contaminación del aire exterior?  SÍ  NO
16. ¿La limpieza del local de trabajo se realiza con la frecuencia y métodos adecuados para evitar acumulación o dispersión de partículas?  SÍ  NO
17. ¿Existe un programa de vigilancia médica o biológica específica de los trabajadores y trabajadoras expuestos a riesgos tóxicos?  SÍ  NO
18. ¿Se miden periódicamente los contaminantes en los puestos de trabajo con riesgo de exposición a sustancias tóxicas? ¿Se informa detalladamente a los trabajadores?  SÍ  NO
19. ¿Se toman precauciones tendentes a evitar la contaminación de las aguas, los residuos y el aire?  SÍ  NO
20. ¿Se almacenan los residuos peligrosos en recipientes estancos?  SÍ  NO
21. ¿Se entregan los residuos peligrosos a un gestor autorizado por la Administración?  SÍ  NO
22. ¿Se vierten sustancias peligrosas al agua a través de desagües, alcantarillas, emisarios, etc?  SÍ  NO



25. ¿Conoces las medidas colectivas e individuales que el empresario está obligado a tomar para controlar la contaminación en el lugar de trabajo?  
 Sí  NO
26. ¿Se revisan y mantienen periódicamente los equipos de aspiración y ventilación?  
 Sí  NO
27. ¿Conoces qué medios específicos de protección personal (EPI) se deberían utilizar para proteger?  
 los ojos  la piel  la vía respiratoria
28. ¿Se recambian los EPI con la frecuencia necesaria, según las indicaciones del fabricante?  
 Sí  NO
29. ¿Conoces qué equipos y métodos deberían utilizarse para...?  
 una correcta manipulación  un correcto almacenamiento  un correcto transporte
30. Si se trata de una sustancia inflamable, ¿tienes información sobre métodos de extinción de incendios?  
 Sí  NO

Figura 83. Identificación de situación de riesgo



 <span style="margin-left: 20px;"><b>Identificación de situación de riesgo</b></span>									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Diagrama de procesos productivos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">                     Actividad:                      Proceso de producción:                 </td> </tr> <tr> <td style="height: 150px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Diagrama de procesos productivos	Actividad: Proceso de producción:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Plano de la empresa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 150px;"></td> </tr> </tbody> </table>		Plano de la empresa			
Diagrama de procesos productivos									
Actividad: Proceso de producción:									
Plano de la empresa									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Sección:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">                     Proceso de trabajo:                      Tareas:                 </td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Sección:	Proceso de trabajo: Tareas:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Productos que intervienen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Productos que intervienen		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Productos y residuos resultantes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Productos y residuos resultantes	
Sección:									
Proceso de trabajo: Tareas:									
Productos que intervienen									
Productos y residuos resultantes									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">                     Proceso de trabajo:                      Tareas:                 </td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Proceso de trabajo: Tareas:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>				
Proceso de trabajo: Tareas:									

Figura 84. Identificación de sustancias peligrosas



### Identificación de sustancias peligrosas

Situación de riesgo: _____					
Sección:		Proceso:		Tarea:	
Producto o preparado	Frasas R sustancias	Frasas R producto	Peligros para la salud y la seguridad	Peligros para el medio ambiente	Observaciones

Figura 85. Ficha de seguimiento


		Seguimiento				
<b>Situación de riesgo:</b> _____						
Sección:			Proceso producción:			
Tarea	Sustancias implicadas (Frases R)	¿Lista negra?	Clasificación Método Columnas	Condiciones trabajo de riesgo	Existencia de daños sobre la salud y/o el medio ambiente	Percepción trabajadores
<b>Situación de riesgo:</b> _____						
Sección:			Proceso producción:			
Tarea	Medidas a adoptar	Actuaciones propuestas	Actuaciones acordadas con la empresa	Fechas de implantación acordadas y responsable de la empresa	Resultado	

Figura 86. Identificación de riesgo



		<b>Identificación de riesgo</b>	
<b>Situación de riesgo:</b> _____			
Sección:		Proceso producción:	
<b>Tarea</b>	<b>Factores de riesgo</b>		

Figura 87. **Cotización de equipo purificador por condensación**

Order: 10122	Number: 1221	Number page: 1 / 1
--------------	--------------	--------------------



For: Engineer Walter Ramírez

Of: Department of sales, teams for control of air in Latin America and United States.

Next we present him the information on the team of which has requested information:

Type of Team: Purifying for condensation

Contact us in: [www.epa.com.gt](http://www.epa.com.gt)

It dates: October of the 2007.

---

Purifying for condensation: This technology type is a part of the group of controls for the pollutants of the air called collectively "purifying in humid."

Technology type: Removal of pollutants for the use of the condensation to increase the size of the pollutant particles, continued by inertial interception.

Applicable pollutants: The debuggers for condensation are typically dedicated for the control of the matter extremely fine particle with an aerodynamic diameter of approximately between 0.25 and 1.0 microns ( $\mu\text{m}$ ).

Type of applicable source: Point

Typical industrial applications: The debuggers for condensation are dedicated for use in the control of the currents of gas. The technology is adapted for both new or renovated facilities. The purification systems for condensation are a relatively new technology.

Characteristic of the emission current

Temperature: The waste gas entering to a debugger for condensation is generally cooled until saturation conditions, approximately 20 at 26°C (68 at 78°F).

Other considerations: The fine fraction of the emissions of matter particle coming from a combustion source frequently contains cadmium and other metals. The use of a debugger for condensation to capture the fine matter particle can provide an effective method of reduction of the emission of metals.

Requirements of pre-treatment of the emission current: For the control of matter particle coming from sources radio stations, the escape gas enters to an area of clotting (for example, a system of ducts, a camera, or a hurricane) to reduce the fine ultra number of particles, and at once to a conditioner of gases to cool the gas until a temperature and a convenient saturation state. This is generally achieved by means of a money changer of heat by recovery of waste heat to reduce the temperature of the escape gas or dewing water directly inside the current of hot gas of escape. In general it is not neither practical neither effective in cost to cool the escape gases to temperatures below the values of the atmosphere.

---



The debuggers for condensation are generally suitable to be used current under another debugger (for example, a purifying type venturi) that has already removed the matter particle  $>1.0 \mu$  diameter m.

Information of costs: next the information is provided on the cost of readapting a system of purification low typical conditions of operation. The costs don't include the costs for the pre-treatment or waste of the used solvent or residual. As rule, the smallest units controlling a current of low waste concentration will be much more expensive (for unit of proportion of volumetric flow) that a big unit cleaning a flow with a high load of pollutants.

**Capital cost:** \$12,358.00

**Operation costs and maintenance:** \$5,300. annually for the supplier of the team.

**Annual cost:** \$7,000, annually

**Cost effectiveness:** \$65 for metric ton, annual cost for metric ton for year of controlled pollutant.

For the data of costs before described a change of equivalent currency has been used.

Operation theory: The purification for condensation is a relatively recent advance in the purification technology in humid. Generally, the purification for condensation depends first on establishing saturation conditions in the current of gas. As soon as the saturation is achieved, vapor is injected in the current of gas. The vapor believes a condition of súper saturation and it drives to the condensation of water on the current of gas. At once, the big condensed drops are removed by one of the several conventional devices.

Advantages: The advantages of the debuggers for condensation include:

Capacity to manage inflammable powders and explosive with little risk.

Capacity to manage matter fine particle.

The gathering efficiency can be varied.

The corrosive gases and powder can be neutralized.

Disadvantages: The disadvantages of the debuggers for condensation include:

The entrance liquid can create problems of contamination of the water.

The waste product is gathered in humid.


High potential for problems of corrosion.

Protection is required against the freezing.

The exit gas can require another heating to avoid a visible feather.

Figura 88. Cotización de equipo purificador por condensación tipo venturi

Order: 10122	Number: 1222	Number page: 1 / 3
--------------	--------------	--------------------



For: Engineer Walter Ramírez

Of: Department of sales, teams for control of air in Latin America and United States.

Next we present him the information on the team of which has requested information:

Type of Team: Purifying for condensation

Contact us in: [www.epa.com.gt](http://www.epa.com.gt)

It dates: October of the 2007.

---

Purifying type venturi: This technology type is a part of the group of controls for the contamination of the air called collectively "purifying in humid." The purifying type venturi is also known as purifying of jet type venturi, or ejectors purifying type venturi.

Technology type: Removal of pollutants of the air for inertial interception and diffusion.

Applicable pollutants: The purifying type venturi is used mainly for the control of matter particulada, including smaller matter particle or similar to 10 microns ( $\mu\text{m}$ ) of diameter and smaller matter particle or similar to 2.5  $\mu\text{m}$  of diameter. Although they are capable of certain incidental control of the volatile organic compounds (COV), the purifying type venturi is limited to control gases with high solubility.

Limits of reach emission / reductions: The efficiencies of gathering of the purifying type venturi vary of the 70 to more than 99 percent, depending on the application. Some purifying type venturi is designed with an adjustable throat to control the speed of the current of gas and the fall of pressure.

Type of applicable source: Point.

Typical industrial applications: The purifying type venturi has been applied to the control of emission sources in the chemical industries, of mineral products, wood, pulp and paper, of stone products, and asphalt manufacturers; the industries of the lead, aluminum, iron and steel, and gray steel; and to the municipal incinerators of solid residuals.

Characteristic of the emission current

Temperature: The entrance temperature is usually inside the range from 4 to 400 °C (40 to 750 °F).

Other considerations: In situations where the waste gas contains as much particles as gases to be controlled, the purifying type venturi is sometimes used as a pre-treatment device, removing the matter particle to avoid the obstruction of an average device below, just as a debugger with packed channel, which has designed to gather mainly to the gassy pollutants.

---





Requirements of pre-treatment of the emission current: Generally, a pre-treatment is not required for the purifying type venturi, although in some cases the waste gas is humidified to reduce the temperature in the debuggers manufactured with materials that are affected by high temperatures.

Information of costs: The following data are the cost ranges for the debuggers in humid type venturi of conventional design under typical conditions of operation. The costs don't include the costs of fans and bombs for the treatment or waste of the used solvent or residuals. The real costs can be substantially higher than in the ranges shown for applications that require expensive materials, pay, or treatment methods.

**Capital cost:** \$15,376.00

**Operation cost and maintenance:** \$6,300, annually with training to the personnel of the plant.

**Annual cost:** \$9,000, annually

**Cost effectiveness:** \$76.95 for metric ton.

Operation theory: A purifying type venturi accelerates the current of the waste gas to atomize the purifying liquid and to improve the contact between the gas and the liquid. As the gas enters in the throat type venturi, as much the speed as the turbulence of the gas increase. Depending on the design of the debugger, the purifying liquid is dewed inside the current of gas before the gas meets with the throat type venturi. Then, the purifying liquid is atomized in small drops by the turbulence in the throat and the interaction between the drops and the particles you increases. Once the particles have been captured by the liquid, the matter humidified particle and the drops of liquid in excess they are separated from the current of gas for a haulage section that it usually consists of a cyclonal separator. The current designs for the purifying type venturi generally use the vertical flow of gas down through the throat type venturi and they incorporate three main points:

You leave main of the team: A section of approach entrance in humid or wall flooded to avoid a powder accumulation in an intersection between the dry thing and the humid thing; An adjustable throat for the throat type venturi to provide adjustment of the speed of the gas and the fall of pressure; and A flooded elbow located below the venturi and advance of the separator for haulage, to reduce the waste for the abrasive particles. The throat venturi is sometimes recovered with a fiber layer to resist the abrasion for the particles of gas if this was the case.

Advantages: The advantages of the purifying type venturi include (Cooper):

They can manage inflammable powders and explosive with low risk

They can manage fog / A relatively low maintenance

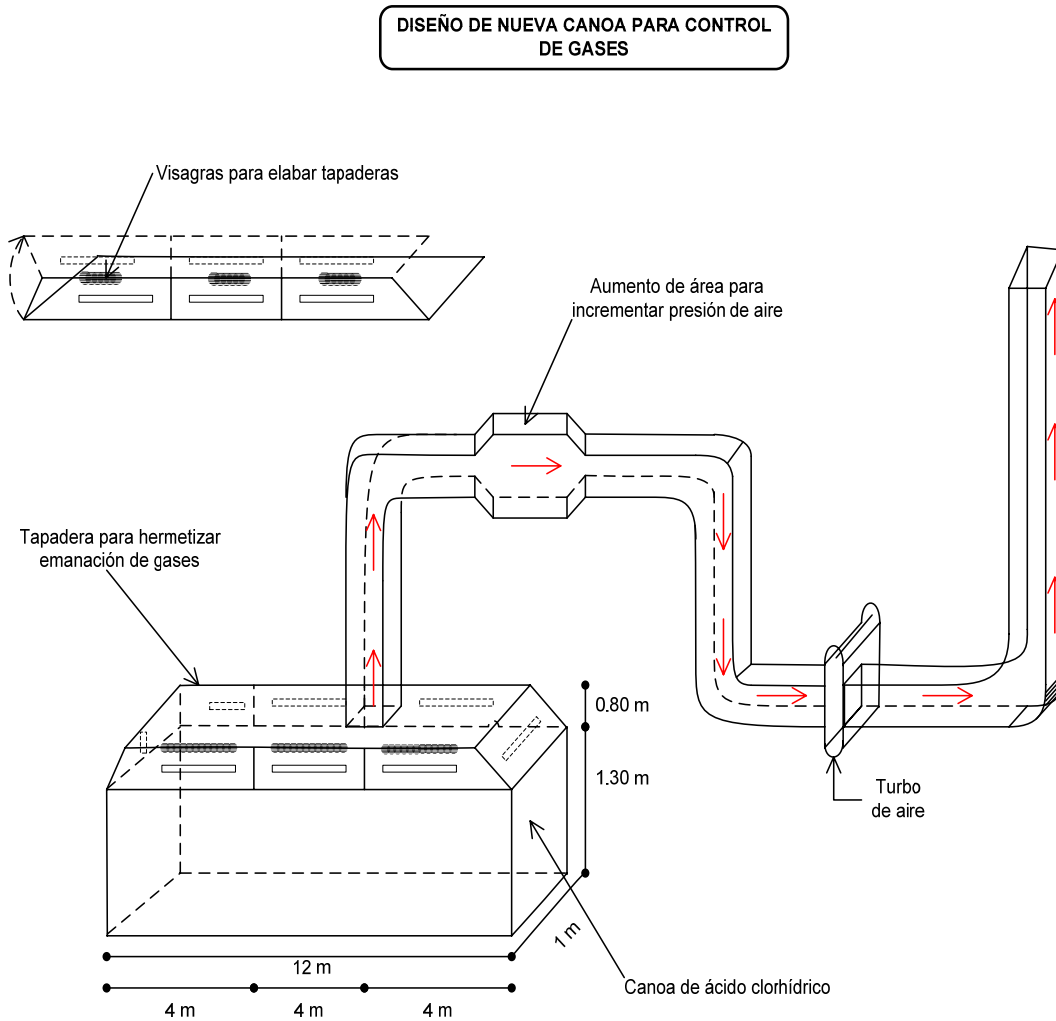
Simple in design and easy to install

The gathering efficiency can be varied



They provide cooling for the hot gases  
The corrosive gases and powders can be neutralized  
Disadvantages: The disadvantages of the purifying type venturi include:  
The liquid effluente can create problems of contamination of the water  
The waste product is gathered in humid  
A high potential of problems of corrosion  
Protection is required against the freezing  
The escape gas can require another heating to avoid a visible feather  
The matter gathered particle can be polluted, and it cannot be recycled  
I discard of the residual mire it can be very expensive.

Figura 89. **Diseño de una nueva canoa para el área de galvanizado**



**Nota:** Se debe recubrir toda la estructura con fibra de vidrio, ya que dicho recubrimiento soporta la corrosión del ácido clorhídrico.

Fuente: Trabajo de campo

**E. FOTOGRAFÍAS SOBRE DEFECTOS QUE OCASIONAN DECREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA SECCIÓN DE TREFILADO**



## Sección de Trefilación

Figura 90. **Exceso de óxido en alambrón**



Figura 91. **Mala calidad de la materia prima**



Figura 92. **Defectos por mal manejo de materia prima**



Figura 93. **Viruta por mal acabado del dado**



Figura 94. **Dados quebrados por materia prima defectuosa**



