

**PROPUESTA DE MEJORAS PARA REDUCIR EL
CONSUMO DE ZINC EN LA LÍNEA DE GALVANIZADO # 01
DE LA EMPRESA VICSON S. A.**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE MEJORAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ZINC EN
LA LÍNEA DE GALVANIZADO # 01, DE LA EMPRESA VICSON S. A.**

Autor:

Ing. Franklin R. Ramírez Q.

Tutora:

Dra. Florángel Ortiz.

Valencia, Octubre 2014.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE MEJORAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ZINC EN
LA LÍNEA DE GALVANIZADO # 01, DE LA EMPRESA VICSON S. A.**

Autor: Ing. Franklin R. Ramírez Q.

Tutora: Dra. Florángel Ortiz.

Fecha: Octubre, 2014.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general proponer mejoras que disminuyan el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01, en el área de líneas continuas en la empresa Vicson S. A. ubicada en la Zona Industrial Sur, Valencia, Estado Carabobo. El trabajo de grado se encuentra enmarcado bajo los parámetros de una investigación de tipo descriptiva, con la modalidad de tipo no experimental de campo y apoyado en la revisión documental, mediante la aplicación de herramientas de mejora aplicando la metodología Seis Sigma Esbelta, lo que permitió el análisis cualitativo y cuantitativo que condujo a la descripción de los elementos y características esenciales del problema de estudio.

En este sentido, se pudo evidenciar del análisis, que se presentan deficiencias con respecto a dos aspectos importantes: el espesor de capa de zinc y el proceso de escoriado. Se exponen propuestas tales como: implementación de un proceso de Calibración de caudal de nitrógeno automático, estandarización del diámetro de apertura del alambre, diámetro del alambre trefilado controlado, velocidad estándar de las caja reductoras del banco enrollador, disminuir el tiempo empleado en la carga de las hebras y en la adición de zinc, implementación de mantenimiento autónomo en el succionador del flux y estabilidad de la temperatura de la tina de zinc.

Finalmente en función de las mejoras, se realizó una evaluación entre el investigador, el personal de experto y los operadores; se concluyó que las propuestas son aplicables y beneficiosas para la empresa. Para su aplicación se debe realizar una inversión de 93.286 dólares y se estiman ahorros anuales de 81.564 dólares.

Palabras Claves: Mejora, Seis Sigma Esbelta, Seis Sigma, Manufactura Esbelta.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE MEJORAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ZINC EN
LA LÍNEA DE GALVANIZADO # 01, DE LA EMPRESA VICSON S. A.**

Autor: Ing. Franklin R. Ramírez Q.

Tutora: Dra. Florángel Ortiz.

Fecha: Junio, 2014

RESUME

This research has the general objective to propose improvements that reduce consumption of zinc in the galvanizing process line # 01, in the area of solid lines in Vicson S.A Company located in the South Industrial Zone, Valencia, Carabobo State. The degree work is framed within the parameters of descriptive research, in the form of non-experimental field and supported in the literature review, by applying improvement tools using Lean Six Sigma methodology, which allowed qualitative and quantitative analysis which led to the description of the essential elements and characteristics of the problem under study.

In this regard, it was evident from the analysis that deficiencies presented with respect to two important aspects: layer thickness zinc and abraded process. Implementation of a calibration process flow of automatic nitrogen, standardizing the aperture diameter of the wire, wire diameter wire drawing controlled standard speed reducing box winder bank, reducing the time spent on the charge of: proposals such as exposed strand and the addition of zinc, implementing autonomous maintenance in the suction flux and stability of the temperature of the zinc bath.

Finally, in terms of improvements, an evaluation was performed with the investigator, expert staff and operators, it was concluded that the proposals are applicable and beneficial to the company. For your application must make an investment of \$ 93,286 and \$ 81,564 annual savings are estimated.

Keywords: Improvement, Lean Six Sigma, Six Sigma, Lean Manufacturing.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Consumo promedio de Zinc en las Líneas de Galvanizado de Vicson.	4
Figura 1.2. Consumo promedio de Zinc en la Línea de Galvanizado 01.....	6
Figura 1.3. Reporte de Análisis de no Conforme Internos.....	7
Figura 4.1. Alambre Trefilado.....	34
Figura 4.2. Banco Devanador.....	35
Figura 4.3. Tina de Zinc.....	36
Figura 4.4. Banco Enrollador.....	36
Figura 4.5. Distribución de la planta Vicson.....	37
Figura 4.6. Rollo de Alambre Galvanizado.....	39
Figura 4.7. Descripción del proceso, entradas y salida.	40
Figura 4.8. Flujograma del Proceso de Galvanizado.....	42
Figura 4.9. Diagrama del Proceso de Galvanizado.....	43
Figura 5.1. Consumo de Zinc en la Línea de Galvanizado 01. Año 2012.....	44
Figura 5.2. Producción de la línea 01 en el año 2012.....	45
Figura 5.3. Resultados del análisis de R&R.....	49
Figura 5.4. Consumo promedio de Zinc Escoriado en Línea de Galvanizado 01...	50
Figura 5.5. Capacidad de proceso de espesor de capa.....	51
Figura 5.6. Capacidad de proceso de espesor de capa.....	52
Figura 5.7. Análisis de causa raíz de la alta dispersión del espesor de capa.....	53
Figura 5.8. Diagrama Pareto de causas de dispersión del espesor de capa.....	55
Figura 5.9. Prueba de igualdad de varianzas para espesor de capa.....	58
Figura 5.10. Gráfica normal de residuos para Capa.....	61
Figura 5.11. Gráfica de probabilidad de Residuos.....	62

Figura 5.12. Gráfica de Residuos vs ajustes para capa.....	62
Figura 5.13. Análisis de causa raíz de la alta cantidad de escoria.....	64
Figura 5.14. Pareto de causas de los altos niveles de escoria.....	66
Figura 6.1. Diagrama de Funcionamiento del sistema DDK/DDD.....	68
Figura 6.2. Declaración de dispositivos Obsoletos.....	69
Figura 6.3. Sistema DDK/DDD.....	69
Figura 6.4. Nuevo sistema DDK-502 / DDD-500.....	70
Figura 6.5. Grafica de control alambre 1.83mm.....	71
Figura 6.6. Capa de Zinc, Control Manual - Control Automático.....	71
Figura 6.7. Diferencia desviación estándar, Control Manual – Control Automático.....	72
Figura 6.8. Calibración del sistema DDK/DDD con equipo off-line.....	73
Figura 6.9. Capa de Zinc, Control Manual - Control Automático.....	74
Figura 6.10. Diagrama de Calmado del Alambre.....	75
Figura 6.11. Rodillos tensionadores.....	75
Figura 6.12. Gráfico de Control Xbarra-S, para diámetro entrada 1.74mm.....	77
Figura 6.13. Formato de registro de temperaturas de la tina de Zinc.....	80
Figura 6.14. Formación de Escoria.....	82
Figura 6.15. Herramientas para el sistema de extracción de escoria.....	82
Figura 6.16. Diseño de bandeja y rastrillo metálico.....	83
Figura 6.17. Procedimiento para realizar el nuevo proceso de escoriado.....	84
Figura 6.18 Succionador de Flux.....	85
Figura 6.19. Orden de trabajo.....	87
Figura 6.20. Mesa giratoria de nivelación y brazo mecánico de dosificación.....	90
Figura 6.21. Zinc reciclado.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Diferencias fundamentales entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta...	22
Tabla 5.1. Cálculo del tamaño de la muestra.....	46
Tabla 5.2. Condiciones de proceso en la línea 01.....	47
Tabla 5.3. Ponderación de causas de alta dispersión del espesor de capa.....	54
Tabla 5.4. Decisión de la variable X y Y para el análisis estadístico.....	56
Tabla 5.5. Resumen, causas raíces de la variación del espesor de capa.....	63
Tabla 5.6. Ponderación de las causas de los altos niveles de escoria.....	65
Tabla 6.1. Diámetros de entrada en la línea # 01.....	76
Tabla 6.2. Velocidades para los diámetros de salida de la línea.....	79
Tabla 6.3. Chequeo de velocidades.....	79
Tabla 6.4. Velocidades para los diámetros de salida de la línea.....	86
Tabla 6.5. Plan de Mantenimiento Preventivo del Succionador de Flux.....	88
Tabla 6.6. Requerimientos y Adecuaciones para mejora de las Causas.....	92
Tabla 6.7. Resumen mejoras de las Causas con Manufactura Esbelta.....	93
Tabla 6.8. Costos de máquinas, personal y equipos.....	94
Tabla 6.9. Ahorro de zinc esperado.....	95
Tabla 6.10. Retorno de inversión.....	96

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	IV
RESUME.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.5. ALCANCE.....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1 Galvanizado.....	12
2.2.2 Proceso de Galvanizado en Caliente.....	12
2.2.3 Manufactura Esbelta.....	15
2.2.4 Seis Sigma.....	18
2.2.5 Seis Sigma Esbelta.....	20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	23
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	25
	IX

3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	26
3.3. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	26
3.4. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	27
3.5. FASES METODOLÓGICAS.....	28
 CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	 33
4.1. PRODUCTO.....	33
4.2. MATERIALES.....	34
4.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	35
4.4. AREA DE TRABAJO.....	37
4.5. MÉTODO.....	38
4.5.1 Descripción del proceso de elaboración de alambre galvanizado.....	38
4.5.2 Flujograma de proceso de galvanizado.....	42
4.5.3 Diagrama de flujo del proceso de galvanizado.....	43
 CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	 44
5.1. SELECCIÓN DE LA MUESTRA EN ESTUDIO.....	44
5.2. MEDICIÓN.....	46
5.2.1 Medición del espesor de capa del alambre 1.83mm.....	46
5.2.1.1 Validación del sistema de medición del espesor de capa del alambre 1.83mm.....	48
5.2.2 Medición de la cantidad de escoriado.....	50
5.3. ANÁLISIS.....	51
5.3.1 Análisis del espesor de capa del alambre 1.83mm.....	51
5.3.1.1 Análisis de las variables de entrada discreta.....	57
5.3.1.2 Análisis de las variables de entrada continuas.....	60
5.3.2 Análisis de la cantidad de escoriado.....	64
 CAPÍTULO VI. PROPUESTAS DE MEJORAS.....	 67
6.1. MEJORAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SEIS SIGMA ESBELTA PARA EL ANÁLISIS DEL ESPESOR DE CAPA.....	67
	X

6.1.1 Planteamiento de la mejora para la calibración del caudal de nitrógeno.....	67
6.1.2 Planteamiento de la mejora para diámetro de apertura.....	73
6.1.3 Planteamiento de la mejora para el diámetro del alambre trefilado.....	76
6.1.4 Planteamiento de la mejora propuesta para la velocidad de los alambres en la línea.....	78
6.1.5 Planteamiento de la mejora para temperatura de la tina de zinc.....	80
6.2. MEJORAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SEIS SIGMA ESBELTA PARA EL ANÁLISIS DEL ESCORIADO.....	81
6.2.1 Planteamiento de la mejora para carga de las hebras.....	81
6.2.2 Planteamiento de la mejora para succionador de flux.....	84
6.2.3 Planteamiento de la mejora para la adición de zinc.....	88
6.2.4 Planteamiento de la mejora para material reciclado de zinc.....	90
6.3. IMPACTO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	91
6.3.1 Evaluación técnica.....	92
6.3.2 Evaluación económica.....	94
6.3.3 Evaluación operativa.....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	102

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento de la industria de alambres, ha llevado a Vicson S.A., a mantenerse a la vanguardia tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos productos, como en la producción y fabricación de productos derivados de alambre.

Dicha empresa, es el principal fabricante de alambre y sus productos derivados en Venezuela, con base a estas exigencias, mantiene una producción estándar en cada una de sus plantas, tanto en Valencia como en San Joaquín, la cual va dirigida a aprovechar las capacidades de cada uno de sus equipos y de esta manera mejorar la eficiencia de los mismos.

Para ello, es necesario contar con un proceso de mejora continua, el cual permita lograr la calidad en los procesos, la reducción de los costos y generar productos de calidad lo que impulsa a las empresas de este sector a ser más competitivas en el mercado nacional e internacional.

El contexto de la situación problemática se ubica específicamente en el departamento de líneas continuas, para este trabajo de investigación se estudiará el caso del consumo de zinc, ya que en los últimos cuatro años los niveles de consumo han aumentado. El área tiene seis líneas, pero la de mayor consumo es línea 01, donde se observa un incremento con respecto a la meta de aproximadamente 5.46 Kg de Zinc por tonelada producida por año, generando altos costos por consumo de Zinc.

En función de lo antes planteado, surge la necesidad de proponer una mejora en el manejo, utilidad y disposición final del zinc en la línea # 01 del área de Líneas Continuas, que contribuya con la seguridad, ambiente y productividad de la empresa Vicson.

Para abordar el problema se desarrolla la siguiente propuesta de investigación, que se presenta en seis capítulos, con la finalidad de establecer claramente cuáles son las necesidades de la empresa, mediante un reconocimiento preciso de la situación problemática, que ayude al diseño de las propuestas de mejora que llevarán a la solución del mismo, así se tiene:

El Capítulo uno, denominado El Problema, contiene el planteamiento del problema, objetivos general y específicos, justificación y alcances de la investigación.

El Capítulo dos, denominado Marco Teórico Referencial, resalta las investigaciones relacionadas con el tema propuesto y la teoría que sustenta la investigación (Bases Teóricas).

El Capítulo tres, el Marco Metodológico, se desarrolla a través de definir el tipo de estudio, unidad de análisis, las técnicas para la recolección de información, técnicas para el análisis y presentación de la información, y las fases de la investigación.

El Capítulo cuatro, llamado Descripción de la Situación Actual, incluye la definición del producto a estudiar, materiales que se emplean en la fabricación del mismo, adicionalmente se describe los diferentes equipos que permiten el galvanizado del producto, el área de trabajo y el método de fabricación.

El Capítulo cinco, comprende el Análisis de la Información a través de la metodología Seis Sigma Esbelta, para el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01. Estructurada de la siguiente manera: selección de la muestra en estudio, la cual se establecen dos efectos importantes y por lo tanto las mediciones y los análisis se realizan por separado.

El capítulo VI, contiene las Propuestas de Mejoras de las causas descritas en la fase de análisis mediante el desarrollo de herramientas de Seis Sigma Esbelta, también se realizó una evaluación del impacto Operativo, Técnico y Económico de las propuestas de mejora presentadas.

Finalmente se exponen las Conclusiones y Recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, las principales corporaciones del mundo han colocado el desarrollo de nuevos productos como el eje principal del éxito empresarial. Sin embargo, cada día es más evidente que no es suficiente con desarrollar nuevos productos, ya que los procesos de globalización producen cambios acelerados y obliga a las organizaciones a buscar nuevas y mejores alternativas de negocio; para ello, también es necesario que exista en las empresas dos características fundamentales: la competitividad y la productividad.

De allí que una forma de lograr el objetivo es a través del proceso de mejora continua, el cual juega actualmente un papel importante dentro de las organizaciones, debido a que este modelo permite lograr la calidad en los procesos, la reducción de los costos, mejorar el proceso, eliminar desperdicios, generar productos de calidad y la búsqueda continua de la satisfacción al cliente, lo que impulsa a las empresas manufactureras de alambre a ser más competitivas en el mercado nacional e internacional.

En Sudamérica, específicamente en Venezuela, la industria manufacturera de alambre, normalmente ligada a corporaciones mundiales, ha sabido adaptarse a estos cambios que origina la globalización, a pesar que el mercado de venta de alambre en el país es sumamente incierto y depende en una pequeña medida de las políticas emprendidas por el gobierno de turno; por ejemplo, la regulación de precios de materiales de construcción decretado el 10/11/2006. Adicional a esta regulación de precios, las organizaciones venezolanas vinculadas al sector de alambre deben adaptarse a otras variables del entorno tales como la escasez de divisas para la adquisición de materias primas, problemas en las aduanas por revisiones de mercancías, retraso en la entrega a los clientes, entre otras.

Bekaert, es una corporación mundial, enfocada a la fabricación de productos derivados del alambre, la cual es representada por VICSON S.A. a través de dos plantas en Venezuela, las cuales están ubicadas en San Joaquín y en la Zona Industrial Sur de Valencia estado Carabobo; juntas cuentan con una capacidad para producir más de 100.000 toneladas de alambre con una variedad de más de 2.000 productos diferentes y atienden a más de 500 clientes, de los cuales el 20% corresponden al mercado de exportación.

VICSON S.A. desde sus inicios ha mantenido como prioridad la mejora continua tanto de sus procesos como en cada uno de sus puestos de trabajo; es por ello que con el pasar de los años ha logrado obtener importantes certificaciones, como “ISO 9000” e “ISO 14000” y “OSHAS 18000”.

Partiendo de la filosofía de mejoramiento continuo de procesos, la empresa se ha visto en la necesidad de buscar alternativas que disminuyan los costos significativamente, sobre todo en el consumo de Zinc en sus cinco líneas de galvanizado ubicadas en Valencia, (en San Joaquín no hay líneas de Galvanizado); donde se ha comprobado que los niveles de consumos de zinc por tonelada producida, superan en el promedio de los últimos cinco años en un 4.24% al estándar de 35Kg/TN, (Ver Figura 1.1.).



Figura 1.1. Consumo promedio de Zinc en las Líneas de Galvanizado de Vicson.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2012).

Las causas por las cuales el consumo de zinc está por encima del estándar son variadas:

- Se pierde tiempo en los ajustes del sistema de suministro de nitrógeno por falta de listas de chequeos (5min mientras se regula la presión).
- La falta de integración de las actividades de mantenimiento autónomo para garantizar la operatividad de los equipos y maquinarias al momento de arranque y durante la corrida.
- No hay una acertada consideración del espesor de capa de zinc del producto, desalineación que trae el alambre y de la rebeldía del mismo.
- El desconocimiento de la homogeneidad del zinc dentro de la tina, y del gradiente de la temperatura, genera cantidades representativas de zinc duro.
- No hay una frecuencia clara del suministro de zinc nuevo y usado, como tampoco del aislamiento adecuado de la tina, de manera mantener térmicamente constante la tina de zinc y de la calidad del mismo.
- Falta de estandarización en el proceso de escoriado de la tina de zinc, así como el tiempo que emplea el operario para realizar esta actividad.

Los factores por la cual se presentan dichas causas se deben a la falta de actividades de chequeo en los procedimientos de trabajo existentes, también a la falta de control de los defectos que manejan la capa de zinc, tales como manchado, alta resistencia, bajo diámetro, enredos, calmado, entre otros.

El alto consumo de Zinc es crítico en la Línea 01, con respecto a las seis líneas instaladas; el cual fue en promedio en los últimos años de 75.46Kg /TN, por encima de la meta fijada por la empresa de 74Kg/TN, tal como puede apreciarse en la Figura 1.2.

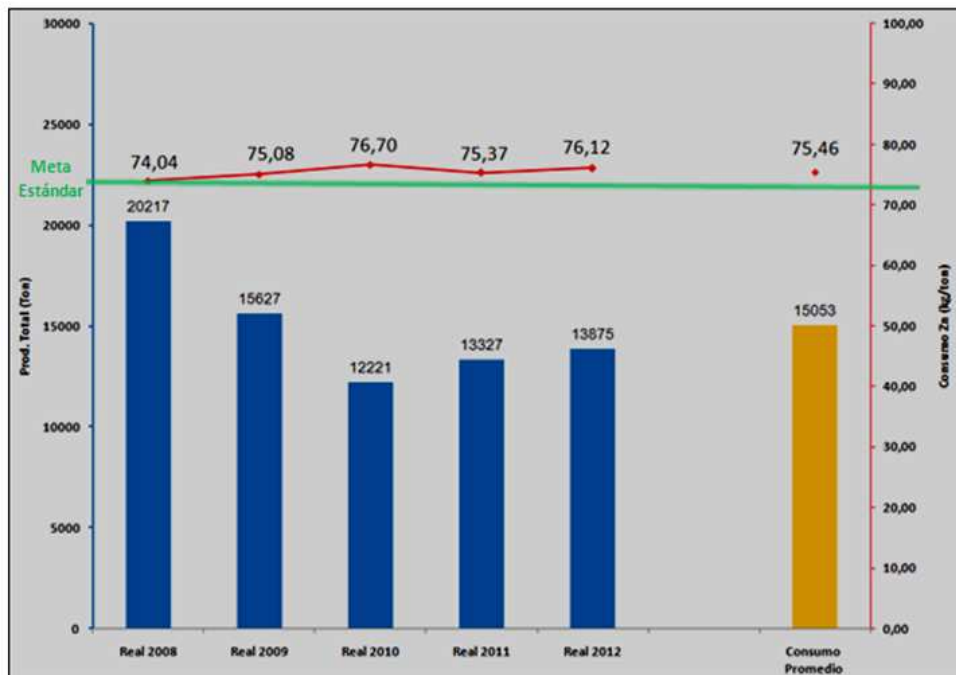


Figura 1.2. Consumo promedio de Zinc en la Línea de Galvanizado 01.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2012)

Los niveles de consumo por encima de la meta para esta línea, traen como consecuencia altos costos en materia prima para la fabricación del alambre galvanizado de alrededor 46.154 dólares, así como producto de mala calidad, ya que se producen grandes cantidades de material no conforme debido al exceso de consumo de zinc. Durante el último año se reportó diferente tipos de no conforme, los cuales se muestra en la siguiente Figura 1.3.

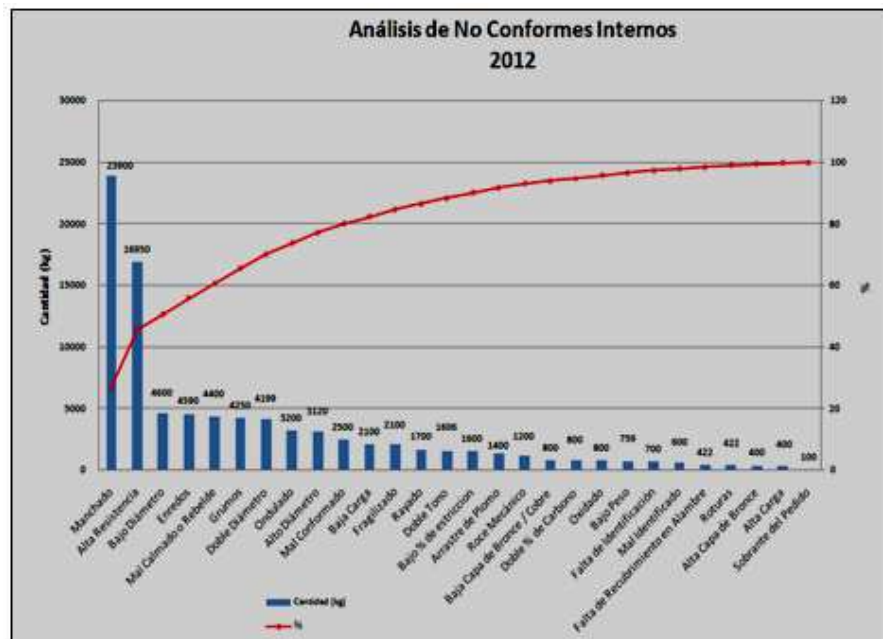


Figura 1.3. Reporte de Análisis de no Conforme Internos.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2012)

Es evidente que si no se toman acciones de mejora para cada una de estas deficiencias, no se cumplirán con las expectativas de la organización y por ende no se reducirán los costos de manera significativa con respecto al zinc, asimismo los costos por almacenamiento y disposición final tanto del desperdicio como el del zinc escoriado.

Por ello la planta Vicson S.A. decide buscar posibles soluciones para mejorar, con el fin de disminuir el consumo de Zinc y balancear los kilogramos de Zinc por tonelada producida de la línea.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo disminuir el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01, en el área de Líneas Galvanizado de la empresa Vicson S. A. ubicada en la Zona Industrial Sur, Valencia, Estado Carabobo?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Proponer mejoras que disminuyan el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01, en el área de líneas continuas en la empresa Vicson S. A. ubicada en la Zona Industrial Sur, Valencia, Estado Carabobo.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Diagnosticar la situación actual en la línea # 01, en el área de líneas continuas en la empresa Vicson S. A.
2. Analizar la información del consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01.
3. Proponer las acciones de mejora para controlar el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01.
4. Evaluar el impacto operativo, técnico y económico de las opciones de mejora.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Bekaert, se plantea como objetivo estratégico para el 2014 un proyecto de disminución de costo “Proyecto 111” aplicado a 19 plantas a nivel mundial, donde incluye la reducción de los consumibles de mayor impacto para la producción. Este proyecto tiene como dirección atacar cinco frentes importantes; Consumo de Agua, Consumo de Zinc, Consumo de Ácido Clorhídrico, Consumo de Jabón Lubricante y Consumo Eléctrico.

Para este trabajo de investigación, se estudiará el caso del consumo de zinc en el área de líneas continuas, ya que en los últimos cuatro años los niveles de consumo han aumentado, el área tiene cinco líneas, pero la de mayor consumo es línea 01, donde se observa un incremento con respecto a la meta, aproximadamente de 5.46 Kg de Zinc por tonelada producida por año, lo que ha generado altos costos, esta situación se presenta como

consecuencia de distintas condiciones operacionales y procedimentales, que influyen en el manejo del zinc.

La expectativa de la empresa es una reducción en el consumo de esta materia prima en un 3.5%, estimando un ahorro de 46.154 dólares en la línea # 01. Así como también mayor productividad por disminución de interrupciones y desperdicio en las siguientes etapas del proceso, por lo tanto para la organización es atractiva una investigación de este tipo.

Por esta razón, se pretende generar propuestas basadas en el mejoramiento continuo, las cuales permiten cumplir las necesidades de producción del área, atendiendo las normas legales establecidas en el país, y de esta manera llegar a conocer los límites o la capacidad de ahorro a los cuales la organización desea llegar y la capacidad de trabajo que cada uno de sus operarios que pueden aportar al proceso del área de línea # 01.

A su vez el presente estudio representa la oportunidad de aplicar conocimientos inherentes a la línea de investigación de Ingeniería de la productividad e Innovación tecnológica, del departamento de Ingeniería de Métodos en la Maestría de Ingeniería Industrial.

1.5. ALCANCE

El alcance de esta investigación se orienta en aplicar una combinación de herramientas de Seis Sigma y Manufactura Esbelta en la Línea de Galvanizado # 01 de la empresa Vicson S.A, para así proponer una serie de mejoras que aseguren la disminución del consumo de Zinc en esta línea, quedará por parte de la empresa su implementación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos años, el interés por las metodologías de mejora continua tales como Manufactura Esbelta y Seis Sigma ha crecido, el cual hace de mayor provecho realizar estudios de este tema y de cómo se relacionan diferentes metodologías. A continuación se presenta una serie de teorías, herramientas y enfoques de investigaciones anteriores tanto nacionales como internacionales, las cuales sirven como base para el desarrollo de esta investigación:

Castillo (2013), planteó reducir el consumo de zinc aplicando como herramienta de mejora la metodología Seis Sigma Esbelta, a través del desarrollo de las fases de definición, medición, análisis y mejora. Para disminuir el alto consumo de zinc y reducción de las devoluciones de productos fuera de especificación y con defectos. Esta investigación de campo y descriptiva, es de gran aporte, ya que emplea la metodología para diseñar una serie de mejoras y evalúa la factibilidad de los beneficios económicos alcanzados luego de ejecutarse la fase de mejora.

Peralta (2011), detectó puntos problemáticos con el control de los insumos (específicamente el consumo de zinc) y con el flujo de la información generada en el proceso. Este estudio de campo y descriptivo, revela un modelo de estructura de información para el servicio de Galvanizado con el fin de la disminución de espesores de recubrimientos de Zinc de los materiales Galvanizados a terceros. Se considera de aporte significativo la aplicación integrada de un modelo de “Seis Sigma”, el cual muestra cómo reducir la variabilidad del espesor de los recubrimientos de zinc de los materiales galvanizados, y adicionalmente se describe una propuesta de un modelo de la información que permite mejorar el flujo informativo generado entre las distintas actividades del proceso de galvanizado.

Barnala (2011), investigó la aplicación y los beneficios de Seis Sigma Esbelta en la Industria del Reciclaje de una Planta de Toledo, llegando a la conclusión de que el uso de esta metodología puede mejorar las operaciones de planta. En el caso de estudio ayudó a identificar cuellos de botella y barreras en las operaciones, identificando el nivel sigma, y discutiendo las variaciones del proceso actual, el cual se transformó en algunos beneficios económicos y ambientales de 65000 dólares. Este estudio de campo es importante ya que explica la aplicación de Seis Sigma Esbelta en un caso real y muestra el uso de todas sus herramientas estadísticas para resolver problemas y un enfoque hacia la participación y motivación del personal para trabajar en este enfoque de mejora de los procesos.

Quintero (2009), llevó a cabo la implementación de acciones para disminuir la desviación de la capa de zinc en los alambres galvanizados producidos bajo sistema Jet Wipping, con el fin de cumplir las especificaciones técnicas y la utilización de la cantidad de zinc necesaria para el recubrimiento del alambre. Este estudio de campo y de carácter descriptivo, explica la aplicación de mejoras en el proceso de una empresa del mismo ramo y antecedentes de la resolución de problemas con respecto al consumo de zinc.

Koning (2007), plantea reconocer científicamente los aspectos metodológicos de Manufactura Esbelta donde concluye que Esbelta es una colección de herramientas y técnicas dirigidas a resolver problemas en los procesos productivos y de servicios, al ampliar el concepto a Seis Sigma Esbelta añade una serie de nuevas técnicas y herramientas (DMAIC) de la caja de herramientas de Seis Sigma, para la elaboración de proyectos. Su teoría fue demostrada en dos ejemplos prácticos tales como el parámetro crítico de la calidad como un modelo conceptual de objetivos de un proyecto y un diseño experimental para estudios destructivos de repetitividad y reproducibilidad. De igual forma este trabajo de campo y de carácter descriptivo, constituye un antecedente importante de la presente investigación, en cuanto al marco teórico de Seis Sigma Esbelta.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Galvanizado.

Según Groover (1997), el galvanizado es un proceso de recubrimiento y deposición de tipo inmersión en caliente el cual consiste en un proceso mediante el cual se obtiene un recubrimiento de zinc sobre hierro o acero. Este recubrimiento se realiza por inmersión en un baño de zinc fundido, a una temperatura aproximada de 450° C y su objetivo primordial de este proceso es evitar la oxidación y corrosión que la humedad y la contaminación ambiental pueden ocasionar sobre el hierro.

Los principales beneficios de este proceso son ofrecer piezas de mayor vida útil, que varía de 20 a 30 años dependiendo del grado de exposición y su principal propósito es la protección ante el óxido y la corrosión (Groover, 1997), no requiere de costos por mantenimiento, una vez galvanizado el material, no es necesario pintar ni realizar ningún tipo de mantenimiento y finalmente el galvanizado por inmersión asegura un recubrimiento de toda la pieza por dentro y por fuera.

2.2.2 Proceso de Galvanizado en Caliente.

Según el Manual Bekaert (2001), el proceso de galvanizado en caliente consta de tres etapas básicamente que son:

Primera etapa: Preparación de la Superficie:

Esta es la etapa de más importancia ya que cuando el recubrimiento falla prematuramente o antes de vida útil, se debe a una inadecuada preparación de la superficie, según el manual Bekaert (2001), después del proceso de trefilación del alambre, la preparación de la superficie se puede subdividir en:

1. Baño en plomo, o inmersión en plomo.

En general en esta etapa se requiere que la superficie del metal base esté sustancialmente libre de grasas y aceites, que pueden provenir de algún proceso como el de trefilado, decalaminado y de manchas resultantes de tratamientos químicos. A fin de lograr un buen recubrimiento deberán eliminarse todas las suciedades o impurezas perjudiciales; de lo contrario, se obtendrán recubrimientos que no son adherentes.

2. Bañado en agua caliente.

Aquí la pieza pasa por agua caliente, tiene por objeto despojarla de todo vestigio alcalino, proveniente de la acción limpiadora anterior. Un enjuague deficiente anulará el objeto de cada uno de los otros pasos en el ciclo de recubrimiento. Esto causara piezas manchadas, desprendimiento de película protectora y soluciones contaminadas.

3. Decapado.

Durante la fabricación de piezas metálicas se produce óxido, que deben ser eliminados como parte importante de los procedimientos de acabado de los metales. Este procedimiento se efectúa por inmersión de las piezas metálicas en soluciones ácidas. La mayoría de las operaciones de decapado consisten simplemente en la disolución de las capas de óxido en el ácido.

Las reacciones que se generan en el decapado, son en general aceleradas por un aumento en la concentración del ácido, temperatura, y la agitación, Cuando la capa de óxido es uniforme y todas las superficies han estado igualmente expuesta al ácido, el trabajo puede ser extraído tan pronto esté libre de la capa de óxido, evitando de este modo cualquier ataque serio al metal.

4. Bañado (agua fría).

En esta etapa se produce una disolución completa del ácido y las sales de óxido de hierro producidas en la etapa de decapado mediante la inmersión de la pieza en un baño que comúnmente es de agua fría.

5. Baño de Fundente o de flux.

Etapas final de la preparación de superficie, la pieza se somete a un baño de flux en la que se eliminan óxidos y previene la formación de otros óxidos en la superficie del metal antes del galvanizado propiamente. Los fundentes aceleran la fusión de los metales, es decir que la combinación entre Hierro y Zinc sea más rápida, y estos se pueden clasificar en:

- Fundentes Líquidos: Entre los más comunes está el Ácido clorhídrico, Cloruro de Amonio, Cloruro de Amonio y zinc, y finalmente Cloruro de zinc.
- Fundentes Espumantes: Etapa anterior al baño de Zinc, en la que la pieza pasa por un fundente espumoso de cloruro de amonio depositado sobre a el Zinc fundido.

Aun cuando estos fundentes tienen sus limitaciones y condiciones especiales de uso, prácticamente toda clase de metales pueden ser galvanizado con cualquiera de estos fundentes.

Segunda etapa: Galvanizado o Baño de Zinc Fundido

Inmediatamente después de haber terminado la etapa de preparación de la superficie, se procede a sumergir las piezas sobre la tina de zinc líquido, donde el material es sometido en un baño de zinc fundido. Según Manual Bekaert (2001), el acero queda libre de óxido de hierro y cubierto en toda la superficie de una capa de zinc que la protege.

Al salir el alambre luego de haberse sumergido en la tina de zinc, pasa por el Jet Wipe el cual es un sistema que utiliza boquillas especiales llamadas nozzles para dar el espesor solicitado del alambre galvanizado. Esta boquilla en su lateral contiene orificios por el cual ingresa nitrógeno de forma continua y sale internamente a presión por unas ranuras transversales, formando una cortina alrededor del alambre que pasa con zinc, esta capa es escurrida por la cortina de nitrógeno permitiendo regular la capa de zinc.

Tercera etapa: Inspección del Galvanizado.

Existe una persona responsable del Control de Calidad final del material, el cual, una vez que las piezas se han galvanizado, las inspecciona, tanto visualmente como con instrumentos de medición de espesores, para comprobar que se cumplen con todos los requisitos del cliente.

2.2.3. Manufactura Esbelta.

El pensamiento de Manufactura Esbelta se originó dentro de la industria automotriz japonesa tras la Segunda Guerra Mundial. Contreras (2007), señala que este pensamiento se basa principalmente en el Sistema de Producción Toyota. Manufactura Esbelta es mucho más que una combinación de herramientas, métodos y principios, es la mentalidad de todos los que trabajan dentro de la organización. Según Devane (2004), Esbelta es un sistema integrado de principios, prácticas, herramientas y técnicas que se centran en la eliminación de desperdicios, la sincronización de los flujos de trabajo y gestión de los flujos de producción.

Desde el origen del pensamiento Esbelta en la Corporación Toyota, los principios implementados de esta metodología, han demostrado un aumentado considerable en el rendimiento de las empresas ya que logran sus objetivos con menos recursos, en menor tiempo y bajos costos. El éxito de estas empresas se ha trasladado a otras fábricas de automóviles en Japón y luego a empresas automotrices estadounidenses, de igual manera impulsando a esta metodología a desarrollarse en otros sectores.

Según Devane (2004), la meta es la eliminación total del desperdicio siguiendo los siguientes pasos:

- Primero definir el desperdicio: los principales tipos de desperdicios que busca eliminar son; desperdicios por sobreproducción, por inventarios, por reparaciones, por movimiento, por procesamiento, por espera y por transporte.
- Segundo: Identificar el origen.
- Tercero: Planear la eliminación del desperdicio.

- Cuarto: Establecer permanentemente un control para prevenir la recurrencia.

Gracias a esta mejora durante un largo período de tiempo, muchos académicos y profesionales del sector han estudiado e investigado las técnicas, las metodologías y el conocimiento general, donde se puede ver, que los principios operacionales de Manufactura Esbelta se basan en tres pilares fundamentales:

- El Cliente: Crear valor agregado para el cliente. Mediante la aplicación de técnicas de JIT (Just in Time), Manufactura de Flujo Continuo (IBM), Kan-Ban, SMED, Poka-Yoke. (aplicado a la producción de los productos y servicios).
- Los Procesos: Crear procesos que permitan proporcionar el valor deseado por el cliente. Mediante la reducción del número de proveedores siguiendo un proceso de selección con base en su habilidad para adaptarse a los requerimientos del cliente y cercanía en la relación con proveedores que permiten hacer funcionar sin interrupción la cadena de suministros. (aplicado a la cadena de suministro, diseño, producción, operación, distribución, atención al cliente.).
- La Cultura: Preparar a la gente para que conozca lo que es realmente importante, participación, empoderamiento y flexibilidad, para ofrecer lo que es realmente importante y para mantener los procesos Esbelta a largo plazo. (aplicado a la gente, para crear conciencia colectiva de mejora continua y búsqueda de organizaciones planas).

Este sistema ha sido definido como una filosofía de excelencia y de mejora continua, orientada a eliminar el desperdicio y actividades que no le dan valor agregado a los procesos para la fabricación, distribución y comercialización de productos y/o servicios, permitiendo a las empresas reducir costos, mejorar procesos, eliminar desperdicios, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Las herramientas que se utilizan en Manufactura Esbelta, según Contreras (2007), se exponen a continuación:

- Sistema Kanban: es un sistema de señalización que permite entregar el pedido correcto en el momento preciso, esto permite nivelar la producción, una excelente forma de balancear la línea. Se han desarrollado diversas formas para aplicar este sistema, las conocidas tarjetas o Kanban, pero también señales luminosas, y recipientes.
- Mantenimiento Productivo Total: busca trasladar las operaciones básicas de limpieza, lubricación y ajuste directamente a los responsables de cada equipo. También se conoce como Mantenimiento Autónomo.
- Mejora del Alistamiento de Equipos Kaisen: su principal objetivo es reducir los tiempos de alistamiento o puesta a punto, con el propósito de reducir tanto los tiempos muertos como el tamaño de las órdenes. Se reconoce con otros nombres como el SMED (Cambio en menos de diez minutos).
- Programa Kaisen de las 5 S: Busca mejorar las áreas de trabajo, con el propósito de facilitar el flujo de materiales, personas y poder localizar correctamente materiales, e insumos.
- Tecnología de grupos: busca organizar las plantas por procesos completos autónomos y no por áreas funcionales homogéneas
- Análisis de Modo y Efectos de Falla: Busca identificar la probabilidad de falla de una parte del proceso, la causa de falla y el efecto que este puede crear en los clientes internos y externos. Excelente herramienta para el análisis de riesgos.
- QFD (Despliegue de la Función de Calidad): Conocida como la casa de la calidad, busca traducir las necesidades o requerimientos de los clientes a especificaciones de proceso. Según Contreras (2007), es otra poderosa herramienta de múltiples usos, tanto en sistemas de gestión de la calidad como para la evaluación de proyectos o iniciativas en planes estratégicos o en la implementación del Sistema Estratégico Kaisen.
- El Poka-Yoke o sistema a prueba de error la cual busca crear mecanismos para que las cosas solo se hagan de la forma correcta. Un ejemplo de ello

son los cables de su computadora, en donde solo existe una forma de conectarlos.

- Jidokas: Automatización con sentido humano, busca crear mecanismos sonoros o visuales que indiquen cuando existen problemas. El sonido que emite su impresora cuando se ha quedado sin papel o bien se ha atascado.

Estas y muchas otras técnicas se pueden utilizar para reducir el desperdicio que hoy día existe en los procesos de manufactura, entendiendo, que el programa debe tener una clara orientación hacia el logro de la visión y a los resultados que la empresa haya planificado alcanzar. Devane (2004).

2.2.4. Seis Sigma

Seis Sigma es un sistema completo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. Según Pande (2002), seis Sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos y datos, y de la atención constante a la gestión, mejora y reinención de los procesos empresariales.

Seis Sigma es una filosofía de trabajo que puede ser implementada de manera propicia por clientes, empleados, y proveedores. Entre sus beneficios Pande (2002), está la reducción de costos, mejora de la productividad, aumento de la cuota de mercado, fidelización de clientes, reducción del tiempo del ciclo, reducción de los defectos, cambio de culturas, desarrollo de productos y servicios, entre otros.

Seis Sigma ha expuesto que mejora el proceso y la calidad del producto. Debido al éxito que ha tenido en varias compañías, la metodología se ha trasladado a otras áreas como la salud, empresas de servicios.

El origen del nombre "Seis Sigma". Proviene de la letra Sigma (σ) es utilizada como símbolo de la desviación estándar o medida de la variación de un proceso. Por tanto Seis Sigma centra el trabajo en identificar y controlar la variabilidad del proceso con el fin de tener un producto más fiable y

predecible. George (2011), la meta a lograr por Seis Sigma, es alcanzar no más de 3,4 defectos o errores por cada millón de oportunidades, ya sea que implique el diseño y fabricación de un producto o implique un proceso de servicio orientado a un cliente.

El funcionamiento de Seis Sigma se trabaja proyecto a proyecto como única forma de eliminar problemas sistemáticos de variabilidad que afectan a procesos medibles y que se traducen en defectos cuantificables. Una de las principales herramientas dentro de Seis Sigma es el proceso DMAIC, según George (2011) y Pande (2002), se desglosa un proyecto específico en fases para la resolución de problemas.

Estas fases, conocidas como la metodología DMAIC, se definen como Definir, Medir, Analizar, diseñar, y de control. A continuación las actividades que se llevan a cabo en cada una de estas fases:

➤ Fase I: Definición

El propósito de esta fase es Identificar, evaluar y seleccionar proyectos, aclarar los objetivos, preparar la misión, seleccionar y lanzar el equipo.

➤ Fase II: Medida

El propósito de esta fase es recopilar datos sobre el problema. Consiste en la caracterización del proceso o procesos afectados, estudiando su funcionamiento/capacidad actual para satisfacer los requerimientos clave de los clientes de dicho proceso. En esta fase, se documentan los posibles modos de fallo y sus efectos al tiempo que se elaboran las primeras teorías sobre las causas de mal funcionamiento.

➤ Fase III: Análisis

La finalidad de esta fase es el de examinar los mapas de datos y proceso para caracterizar la naturaleza y extensión del defecto. Se realiza el plan de recogida de datos y a continuación se procede al análisis de los mismos con el ánimo de establecer y determinar las pocas causas vitales del fallo del proceso.

➤ Fase IV: Mejora

La finalidad de esta fase es el de eliminar los defectos en la calidad y la velocidad de proceso. Es esta la fase en la que se determinan e implantan las soluciones para que el proceso alcance los resultados esperados.

➤ Fase V: Control

La finalidad de esta fase es bloquear en los beneficios logrados en las fases anteriores. Consiste en diseñar y documentar los mecanismos necesarios para asegurar que lo conseguido se mantenga una vez que el equipo del proyecto Seis Sigma haya implantado los cambios.

2.2.5. Seis Sigma Esbelta

Seis Sigma Esbelta es una técnica de mejora continua la cual es usada por empresas de varios sectores, donde maximiza la eficiencia y ayuda a controlar cada paso del proceso, con el fin de eliminar defectos de los proyectos, reducir los desperdicios y disminuir los tiempos de entrega.

Seis Sigma Esbelta según Shaffie (2012), es un enfoque que se centra en mejorar la calidad, aumentar la productividad y reducir los costos de cualquier organización, sencillamente es la combinación de dos enfoques diferentes, pero sumadas a la mejora continua.

Anteriormente las organizaciones optaron por utilizar Esbelta o Seis Sigma, pero con el transcurrir del tiempo han decidido a utilizar las técnicas mixtas que se encuentran en Seis Sigma Esbelta. Shaffie (2012).

En la actualidad las empresas han descubierto que los resultados utilizando la metodología Seis Sigma Esbelta son mayores que el de usarlas individualmente. Smith (2003), la razón detrás de esta conclusión es que tanto Esbelta como Seis Sigma, tienen sus ventajas pero también sus defectos, mientras Seis Sigma Esbelta sólo incorpora las mejores técnicas, principios y metodologías de mejora continua y se adaptan a los retos que enfrentan en el entorno empresarial.

Los aspectos fundamentales de esta integración son:

- La eliminación de defectos reduciendo la variabilidad.
- El aumento de la velocidad del proceso, eliminando tiempos perdidos y generando más valor agregado para el cliente.

Según Smith (2003), cuando se ejecuta por separado tales programas, naturalmente, chocan unos con otros. Por el contrario, una combinación de Esbelta y Seis Sigma tiene un impacto positivo en la moral de los empleados, ya que inspiran el cambio en la cultura de trabajo, porque los equipos ven los resultados de sus esfuerzos.

De acuerdo con George (2011), Seis Sigma Esbelta aborda directamente a los excesivos costos de fabricación y de calidad, con más eficacia que cualquier metodología de mejora, ya que abarca tanto la calidad y la velocidad. Así, una solución obvia es el desarrollo de un enfoque integrado que se produzcan mayores soluciones en la búsqueda de la excelencia empresarial y operativa.

A continuación se muestra la tabla 2.1, donde se observa una breve serie de cuestiones, problemas y objetivos observados en los dos aspectos importantes del Seis Sigma Esbelta, en el que se puede apreciar algunas diferencias fundamentales entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta.

Tabla 2.1. Diferencias fundamentales entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta

Diferencias fundamentales entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta		
Cuestiones / problemas / objetivos	Seis Sigma	Manufactura Esbelta
Se centra en el valor corriente de los clientes	No	Si
Se centra en la creación de un lugar de trabajo visual	No	Si
Crea hojas de trabajo estándar	No	Si
Los tiempos de trabajos en proceso de inventario	No	Si
Los tiempos perdidos debido a la espera, sobre el procesamiento, el movimiento, sobre la producción.	No	Si
Se enfoca en un buen mantenimiento	No	Si
Proceso de control y seguimiento de la planificación	Si	No
Se centra en la reducción de la variación y lograr resultados uniformes proceso	Si	No
Se centra en gran medida en la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas	Si	No
Emplea una metodología estructurada, problema riguroso y bien planificado para resolver	Si	No

En la tabla 2.1, se puede observar que las empresas dedicadas a la metodología Seis Sigma carecen de tres características deseables de Esbelta:

1. No existe un enfoque directo en la mejora con respecto a la velocidad de un proceso.
2. No dirige la atención a la reducción de la cantidad de inventarios.
3. No hay ganancias financieras rápidas, debido al tiempo necesario para aprender, aplicar sus métodos y herramientas para la recolección de datos y análisis.

De igual manera las deficiencias de un esfuerzo de mejora Esbelta carecen de las siguientes características:

1. Los procesos no están bajo control estadístico.
2. No hay un enfoque en la evaluación de las variaciones, y en los sistemas de medición utilizados para las decisiones.
3. No mejora las prácticas de proceso de la calidad, ya que carece de herramientas matemáticas para diagnosticar los problemas de proceso que permanecen una vez que los residuos obvios se ha eliminado.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Zinc:

Es un metal o mineral de color blanco azulado que arde en aire con llama verde azulada. Su fusión se produce a 420°C y hierve a 907°C. El aire seco no le ataca pero en presencia de humedad se forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión. La principal aplicación del zinc cerca del 50% del consumo anual es el galvanizado del acero para protegerle de la corrosión, protección efectiva incluso cuando se agrieta el recubrimiento ya que el zinc actúa como ánodo de sacrificio.

Ácido Clorhídrico:

Es una disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno (HCl). Es muy corrosivo y ácido. Se emplea comúnmente como reactivo químico y se trata de un ácido fuerte que se disocia completamente en disolución acuosa.

Una disolución concentrada de ácido clorhídrico tiene un pH de menos de 1; una disolución de HCl 1 M da un pH de 0. A temperatura ambiente, el cloruro de hidrógeno es un gas incoloro a ligeramente amarillento, corrosivo, no inflamable, más pesado que el aire, de olor fuertemente irritante. Cuando se expone al aire, el cloruro de hidrógeno forma vapores corrosivos densos de color blanco.

Plomo:

Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16°C, de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327,4°C y hierve a 1.725°C. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas.

Flux:

El flux es una disolución de cloruro de amonio y cloruro de zinc en una relación óptima de una molécula de cloruro de zinc por cada dos de cloruro de amonio (llamada sal doble), en una concentración aproximada de 500 gramos/litro de dicha sal doble, y a una temperatura en el entorno de los 60 grados centígrados.

Spider:

El spider es un dispositivo vertical que se usa para trasladar el alambre enrollado después que ha sido trefilado o galvanizado.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE ESTUDIO

La metodología que se utilizó en la investigación, se enmarca dentro de la modalidad de un Estudio de Campo y una revisión Documental, ya que se realizó en el lugar donde se presenta la dificultad. Una de las características propias de la investigación, es que la información se obtuvo directa de la realidad, a través de datos originales o primarios en la Línea 01 del área de Galvanizado de Vicson.

El estudio realizado se considera investigación de campo, ya que la UPEL (2006), la define de la manera siguiente:

“Se entiende por investigación de campo: El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su concurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo.”

Tomando en cuenta los objetivos de esta investigación, es de carácter Descriptiva, ya que a través de ella se describió, analizó e interpretó la realidad de las operaciones, con el fin de presentar una propuesta para la disminución del consumo de zinc en la línea 01; Según Tamayo (2006):

“La investigación descriptiva comprende la descripción, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta”

Por otra parte se puede decir que el estudio está apoyado en una investigación de carácter documental o bibliográfico. Atendiendo a la definición planteada por la UPEL (2006), que señala que este tipo de investigación consiste: “en el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo principalmente en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales y electrónicos”

Por lo tanto, se tomó en cuenta como estudio documental en vista de que para elaborar el marco teórico, se revisó una serie de bibliografías, libros, publicaciones y trabajos de investigación, referentes a los procesos propios en las empresas y consulta de los trabajos e investigaciones hechas por otros autores, específicamente orientados hacia Seis Sigma Esbelta, de tal manera que sea posible establecer una base teórica práctica.

Finalmente esta investigación, corresponde a un Proyecto Factible, ya que se formula una propuesta dirigida a solucionar una problemática de productividad. De acuerdo con la UPEL (2006), la define de la manera siguiente:

“Consiste en la investigación, elaboración, y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnología, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.

3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis es la línea de Galvanizado # 01, del área de Líneas Continuas de Vicson S.A.

3.3 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en el estudio se describen de la siguiente manera:

Entrevista no estructurada al Gerente de Planta y los Gerentes de Producción, Ingeniero de proceso y coordinadores de producción, donde se obtuvo información general a través de preguntas, que ayudaron a crear una atmósfera abierta y dinámica, proporcionando una mayor oportunidad para conocer las actitudes, ideas y creencias de cada uno. Esta información es de tipo primaria, se recolectó información utilizando la técnica de la entrevista dirigida a la gerencia para establecer las actividades incluidas en el estudio.

Para la recolección de datos también se usó los diagramas de proceso, indicadores de gestión, instrucciones de trabajo y se registraron datos cuantificados de hechos observables, que permitieron conocer y analizar lo que realmente sucede en la unidad o tema de investigación, es decir la recolección, síntesis, organización y comprensión de los datos que se requirieron.

Se procesó información secundaria proveniente de la revisión bibliográfica y en la revisión de los archivos, diagramas y estadísticas de la empresa, para obtener la información de inventarios, producción y la materia prima.

También se buscó información en textos, trabajos científicos, consultas por internet y revistas asociadas al tema, a través de la técnica de la revisión documental con el fin de formular conclusiones y revisar metodologías de desarrollo.

3.4 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Dado que los datos recogidos, no explican las respuesta a los objetivos; se hace necesario realizar un análisis minucioso y característico de los resultados obtenidos en comparación con las variables estudiadas, con el firme propósito de dar respuesta a las interrogantes de la investigación, así como establecer las debidas conclusiones y consolidar a un acertado diagnóstico de la situación actual y posterior propuestas de mejora.

En este estudio, la información obtenida del proceso, se analizó con datos cuantificados y con datos no estructurados. A través de una variedad

de herramientas que se pueden utilizar en el enfoque Seis Sigma Esbelta para el análisis de datos.

No es necesario hacer uso de todas las herramientas en todo momento, basado en la naturaleza del proceso la selección puede variar y se puede utilizar en las diferentes fases del proceso de ejecución. Las herramientas comunes son:

- Diagramas de flujo.
- Histogramas.
- Tormenta de Ideas.
- DMAIC significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Se trata de un sistemático de los Seis Sigma enfoque que puede ser utilizado para la mejora de procesos o rediseño.
- Diagrama de Causa y Efecto.
- Diagrama de Pareto.

Después de haber obtenido los datos, producto de la aplicación de los instrumentos de investigación, se procedió a codificarlos, tabularlos, y utilizar la informática a los efectos de su interpretación que permite la elaboración y presentación de tablas y gráficas estadísticas que reflejan los resultados.

Las herramientas usadas para tal fin, involucran el uso de un computador así como el programa de Minitab, que ofrecen mayores posibilidades en cuanto al diseño y a la presentación de las técnicas que ayudarán a la representación de los resultados.

3.5 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se aplicó un diseño estructurado, adaptado a la organización. Según conversaciones con la gerencia se decide plantear como posible alternativa, desarrollar mejoras en la línea # 01 aplicando criterios de Seis Sigma Esbelta, la cual es una combinación de Seis Sigma y algunos pilares de Manufactura Esbelta. El procedimiento general seguido en la investigación, se puede describir a través de las siguientes fases:

Fase I: Diagnóstico de las condiciones actuales en la línea # 01, en el área de líneas continuas en la empresa Vicson S. A.

En esta etapa se realizó una descripción de la situación actual referente a la línea #01 que incluye:

- El producto a estudiar, basado en los procesos y productos que fabrica las líneas y el tipo de flujograma que involucra.
- Materiales que se emplean en la fabricación del producto, materia prima principal para la fabricación y el insumo de mayor importancia.
- Diferentes equipos que conjuntamente permiten el galvanizado del producto, así como las herramientas más importantes a usar en la línea.
- El área de trabajo a través del layout de la planta y la ubicación exacta de la línea en la distribución.
- Descripción del proceso paso a paso de la elaboración del alambre galvanizado, el cual es un proceso que consiste en la inmersión del alambre trefilado en una tina de Zinc con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil del alambre, protegiéndolo de la corrosión. Posteriormente se muestra las entradas y salidas del proceso así como el flujograma de fabricación.
- Finalmente, un diagrama visual del proceso de galvanizado en la línea continua # 01.

Fase II: Analizar la información a través de la metodología Seis Sigma Esbelta, para el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01.

En esta etapa se elaboró el análisis detallado de cada variable encontrada, el cual se estructura de la siguiente manera:

- Selección de la muestra en estudio, la cual es el consumo de zinc en la línea 01, donde se realiza el análisis y se estratificará el proceso con el fin de identificar las causas radicales del problema. Se establece para el análisis, dos efectos importantes que representan más del 80% del consumo de zinc en la línea. Estos son el espesor de capa del alambre producido y el escoriado.

➤ Definidas que los efectos son dos, se realiza por separado la medición de cada muestra seleccionada:

➤ Para la medición del espesor de capa de zinc se toma el alambre de 1.83mm de diámetro, se realizó el levantamiento de información durante el mes de junio 2013, con el fin de ver el comportamiento actual del proceso. Posteriormente se realiza la validación del sistema de medición a través de la prueba R&R para aceptar la toma de la data.

➤ Para la medición del escoriado, se realizó una revisión de los tres últimos años de producción, con el fin de obtener información del gasto de zinc con respecto a la producción.

➤ Al tener la información de la medición, se realizó el análisis correspondiente a cada medición con el fin de determinar las causas raíz:

➤ Para el análisis del espesor de capa del alambre 1.83mm, se revisó la información y se realizó un análisis Ishikawa para determinar las posibles causas raíz y los efectos de la alta dispersión de la variable dependiente, al mismo tiempo con la técnica de grupo nominal y diagrama de Pareto se escogen el 80% de las causas que generan el efecto y a través de la metodología de seis sigma, se validaron con la prueba t, Anova y regresión lineal las diferentes variables discretas y continuas del proceso, analizadas con la ayuda del Minitab 15.

Encontrando como causas principales: Calibración del caudal de nitrógeno, Diámetro del alambre trefilado, Diámetro del alambre trefilado, y Diámetro de apertura del alambre trefilado son causas raíz significativas con alto nivel de aceptación, ya que su coeficiente de determinación de X el cual explica a Y es del 93.2% también se considera causa raíz la Velocidad de los alambres y la Temperatura de la tina de zinc. Estas variables serán consideradas para la fase de mejora.

- Para el análisis de la cantidad de escoriado, se realizó un análisis Ishikawa, conjuntamente con la técnica de grupo nominal y el diagrama de Pareto, se escogen las principales causas, cinco para el análisis del alto nivel de escoria, ya que representan alrededor del 80% de los efectos. Las cuales son: succionador de flux, carga de las hebras, adición de zinc y material reciclado, en el caso de la temperatura se analizó a través del punto 5.3.1.2, ya que es una causa común para los dos estudios. De este análisis se hará una serie de propuestas de mejora de las causas descritas.

Fase III: Proponer las acciones de mejora para controlar el consumo de zinc en el proceso de galvanizado de la línea # 01

En esta fase se plantea las propuestas de mejoras de las causas descritas en la fase de análisis mediante el desarrollo de herramientas de Seis Sigma Esbelta, también se realizó una evaluación del impacto Técnico y Económico de las propuestas de mejora presentadas.

Para el caso de las propuestas, al igual que el análisis se presentaron por los dos efectos establecidos:

- Mejoras utilizando herramientas de Seis Sigma Esbelta para el análisis del espesor de capa, teniendo en cuenta las causas de los posibles problemas, y la observación de las variaciones estadísticamente significativas:
 - Calibración del caudal de nitrógeno.
 - Diámetro de apertura.
 - Diámetro del alambre trefilado.
 - Velocidad de los alambres en la línea.
 - Temperatura de la tina de zinc.

- Mejoras utilizando herramientas de Seis Sigma Esbelta para el análisis del escoriado:

- Para la carga de las hebras.
- Para el succionador de flux.
- Para la adición de zinc.
- Material reciclado de zinc.

Tomando en cuenta las propuestas de mejoras presentadas se evaluó el impacto técnico y económico. Para conocer cuan rentable y beneficiosa será su futura implementación.

- Evaluación técnica. Se analizó y se evaluó técnicamente cada propuesta realizando una tabla resumen para evaluar inconvenientes técnicos o barrera que no permita la implementación de las mismas.
- Evaluación económica. Se estimaron los costos de los requerimientos de las máquinas, personal y equipos, y se cuantificó el monto de dichas mejoras, se elaboró una tabla comparativa y se determinó la factibilidad económica y ahorro.
- Evaluación operativa. Se comprobó con la empresa si el personal de la línea es suficiente para lograr el objetivo.

CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se describe la situación actual de la empresa donde se fabrican productos derivados del alambre. Con el fin de obtener información, fue necesario recopilar datos referentes al proceso, por lo cual se efectuaron visitas de campo y entrevistas personales a los operadores del área, además de una observación de la información organizacional de Vicson.

4.1. PRODUCTO:

Entre los principales productos que fabrica la empresa se encuentran los alambres trefilados y galvanizados. Además, cuenta con alambres recocidos, clavos, guayas, y entre otros.

El producto que se encuentra en estudio es el alambre galvanizado con triple capa de recubrimiento de zinc, el cual es materia prima para la fabricación de rollos de alambre de púas de alta resistencia en rollos de 300, 400 y 500 metros de largo. Este producto es elaborado en la línea de galvanizado # 01 utilizando el sistema Jet Wipe para su recubrimiento.

Este sistema utiliza boquillas especiales llamadas nozzles, por el cual pasa el alambre luego de haberse sumergido en la tina de zinc. Esta boquilla en su lateral contiene orificios por el cual ingresa nitrógeno de forma continua y sale internamente a presión por unas ranuras transversales, formando una cortina alrededor del alambre que pasa con zinc, esta capa es escurrida por la cortina de nitrógeno permitiendo regular la capa de zinc.

El alambre tiene que estar concéntrico a la boquilla y sin movimientos laterales para evitar variaciones en la capa de zinc. La regulación del suministro de nitrógeno se hace de forma manual a través de un operario guía de línea y algunos puestos se monitorean de forma automática. En el caso de la forma automática, a la salida del proceso de galvanizado, existen dos dispositivos (DDK y DDM) el cual permite determinar la capa de zinc y en función a ello van ajustando la capa (aumentar o disminuir el flujo de nitrógeno), pero este sistema solo reporta datos, no ajusta ninguno de los parámetros críticos del proceso, el control del cumplimiento de las especificaciones se hace manual.

En la línea 01, se fabrica gran variedad de productos galvanizados dependiendo de las necesidades de los clientes. Según el sistema SAP (Vicson) existen actualmente 12 productos que se fabrican, a continuación se pueden observar los diferentes tipos:

- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 3.40cm
- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 2.51cm
- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 1.83cm
- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 1.60cm
- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 1.54cm
- SEMI-PROD.GALV.ALTURA Diámetro 1.44cm
- SEMI-PROD.GALV.COMUN Diámetro 3.76cm
- SEMI-PROD.GALV.COMUN Diámetro 2.77cm
- SEMI-PROD.GALV.FINO Diámetro 1.27cm
- ALM. GALV. ALTURA P/PUAS Diámetro 1.60cm
- ALM. GALV. FINO Diámetro 1.19cm
- ALM. GALV. GRUESO Diámetro 2.90cm

4.2. MATERIALES:

La materia prima para producir el alambre galvanizado, es el alambre trefilado en rollos de 1800kg, (Ver Figura 4.1.), y el insumo de mayor importancia es el zinc en lingotes de 25kg para el recubrimiento del galvanizado.



Figura 4.1. Alambre Trefilado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

4.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

La línea de galvanizado consiste en una serie de equipos que conjuntamente permiten el galvanizado, los cuales se describen a continuación:

- *Banco devanador*: El área del banco devanador está compuesto por una serie de puestos en el cual se colocan spiders con alambre trefilado, (Ver Figura 4.2.), con el fin de alimentar la línea, en total hay 40 puestos, este banco es manejado por 2 operarios encargados del inicio de proceso, efectuando la carga según la programación de producción, realizándose el resto del proceso de devanado de forma automatizada.



Figura 4.2. Banco Devanador.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

- *Tina de plomo*: es un baño de plomo líquido por donde se sumergen los alambres.
- *Tina de enfrió*: es un tanque con agua para el enfriamiento de los alambres.
- *Tina de ácido*: es un baño de ácido clorhídrico donde se sumergen los alambres para decaparlos.
- *Tinas de enjuague*: es una serie de tanques con agua para el lavado de los alambres decapados.
- *Tinas de flux*: es un baño de cloruro de amonio que se usa para preparar la adherencia del zinc con el alambre.

- *Tina de Zinc*: es un baño con zinc líquido por donde se sumergen los alambres y se galvanizan. (Ver Figura 4.3.), en esta zona, se trabaja el galvanizado en altura, los procesos jet Wipping y al carbón.



Figura 4.3. Tina de Zinc.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

- *Banco enrollador*: El área del banco enrollador está compuesto por una serie de puestos en el cual permite enrollar nuevamente el alambre en spiders, con el fin de poder trasladarlos nuevamente a otras áreas, en total hay 40 puestos, (Ver Figura 4.4.), estas actividades son realizadas por tres operadores que son el guía de línea y dos operarios.



Figura 4.4. Banco Enrollador.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

Entre las herramientas más importantes a usar en la línea, están los cargadores, que permiten sumergir los alambres en las tinas de plomo y el skid que permite sumergir los alambres en la tina de zinc para el galvanizado.

4.4. AREA DE TRABAJO:

El área de trabajo es la línea de galvanizado # 01 del área de líneas continuas. Ver grafica 4.5.

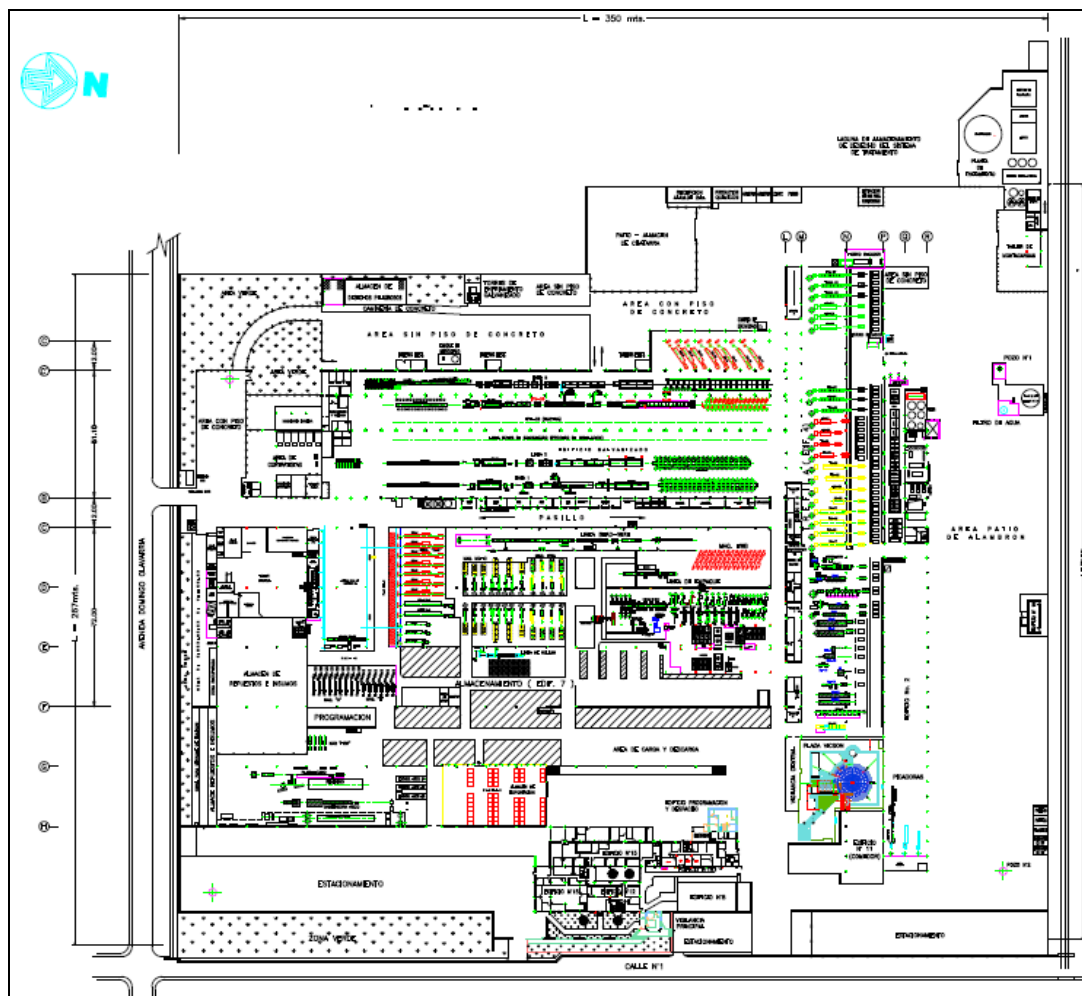


Figura 4.5. Distribución de la planta Vicson.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (Escala 1=750). (2013)

4.5. MÉTODO:

4.5.1 Descripción del proceso de elaboración de alambre galvanizado.

Detrás de toda la variedad de aplicaciones asociadas directamente con el alambre, existe como elemento en común un proceso de producción, el cual es respaldado por un gran esfuerzo industrial y tecnológico, el proceso se puede resumir a continuación:

Galvanizado:

Es un proceso que consiste en la inmersión del alambre trefilado en una tina de Zinc con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil del alambre, protegiéndolo de la corrosión. El material a procesar es recibido del departamento de trefilado, con el diámetro, resistencia y el porcentaje de carbono exigidos por departamento de programación. El alambre que va a ser galvanizado debe pasar primero por una serie de baños que a continuación, se describen brevemente:

- Pasa por un baño de plomo para quemar residuos de lubricante que trae de trefila.
- Luego, va a una tina de enfriamiento con agua que ayuda a evitar la evaporación del HCl
- Pasa por una tina de decapado químico (HCl) para quitar las impurezas.
- Al salir del decapado, pasa por 3 tinas de lavado para eliminar el ácido que puede arrastrar.
- Después, pasa por una tina de flux (cloruro de amonio y cloruro de zinc disueltos en agua) para lograr una buena adherencia del Zinc.
- Luego entra al baño de zinc, para el recubrimiento final.
- Al salir del baño de zinc pasa por el proceso de Jet Wipping, que consiste en un proceso de escurrido o de dar espesor de capa al alambre, de manera que permanezca recubierto con una capa de zinc de 240g/m² como mínimo, este proceso se lleva a cabo mediante la inyección de nitrógeno a

través de boquillas inyectoras, el alambre siempre está ubicado en la posición central de la boquilla; el ajuste del flujo de nitrógeno de las boquillas se realiza de manera manual, y según la capa de zinc reportada por calidad, es decir si la capa es baja se disminuye el flujo del nitrógeno y si la capa es alta el flujo de nitrógeno se aumenta.

El área de calidad realiza las pruebas de capa de zinc por el sistema volumétrico, que consiste en pesar un tramo de alambre galvanizado, posteriormente decaparlo con ácido clorhídrico, pesarlo nuevamente y mediante la aplicación de fórmulas y diferencia de peso obtener la capa de zinc en el alambre.

- Del proceso de Jet Wipping, el alambre sale y pasa por una fontana de enfriamiento para darle enfriamiento violento que ayuda a evitar el crecimiento de una capa metálica y mantener el brillo del alambre.
- Posteriormente pasa por una tina de Wax, para lubricarlo.
- Como último paso, llega al banco enrollador donde se enrolla el alambre en spider para su traslado, una vez chequeado por el departamento de Calidad, se identifica con su respectiva etiqueta y se envía el rollo de alambre galvanizado al destino programado, ver en la siguiente figura 4.6, el rollo terminado.



Figura 4.6. Rollo de Alambre Galvanizado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

En la figura 4.7, se muestra la relación que existe entre las entradas y salidas del proceso con respecto a las áreas y personal involucrados.

VICSON BEKAERT DESCRIPCIÓN DE PROCESO				Pag. 1/2
Nombre del Proceso:	Fabricación de Alambre Galvanizado en Líneas Continuas			PR-7-005
Objetivo/Misión	Describir la secuencia de operaciones y procedimientos implicados en la producción de alambre galvanizado a partir de material previamente trefilado.			Emisión: 02/09/2011
Requisitos de Sistema (Estándar)	ISO 9001, ISO 14001	Cláusula (s):	Procesos de los Sistemas y normas en los Manual de Calidad.	Nº Rev.: 0
				Ult.Rev:
Otros Requisitos	Requisitos Corporativos y de partes interesadas en los Sistemas de Gestión de Calidad y Ambiente			
Dueño	Jefe de Producción Trefila/Galvanizado, Ingeniero de Procesos de Líneas Continuas			
Alcance	Planta Valencia, desde almacén de materia prima hasta almacén de producto terminado.			
Cliente/ Parte Interesada	Operaciones, Mercadeo y Ventas, Gestión Humana, Finanzas , partes interesadas externas.	Entradas:	Programa de Producción	
Proveedor	Ventas, Programación, Almacén de Suministros, Mantenimiento.	Salidas:	Alambre Galvanizado de acuerdo a los requisitos del cliente.	
Indicadores	Índice de Reclamos, Índice de No Conformes, Toneladas Producidas, Nº de Accidentes con pérdida de tiempo (ACPT), Nº Accidentes sin Pérdida de Tiempo (ASPT)			
ENTRADA	DESCRIPCIÓN		SALIDA	RESPONSABLE
Programa de Producción	Solicitud al almacén de materia prima del alambtrn necesario según el programa de producción		Alambtrn de patio para decapar y/o decalaminar	Coord. Producción Trefila/Controlador Materia Prima
Alambtrn proveniente de patio	Decapado o decalaminado del alambtrn		Alambtrn listo para trefilación	Coord. Producción Trefila/Ing. Proceso Trefila
Alambtrn listo para trefilación	Trefilación Primaria		Alambre Trefilado	Coord. Producción Trefila
Alambre Trefilado	Se recibe en la zona de almacenamiento temporal de la línea.  A		Alambre trefilado para ubicar en el banco devanador	Coord. Producción Líneas Continuas/Ing. Proceso de Líneas Continuas
ELABORADO		REVISADO	APROBADO	
Ing. Procesos Líneas Continuas		Ing. Calidad y Ambiente	Jefe de Trefila/Líneas Continuas	

Figura 4.7. Descripción del proceso, entradas y salida.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Continuación de la figura 4.7

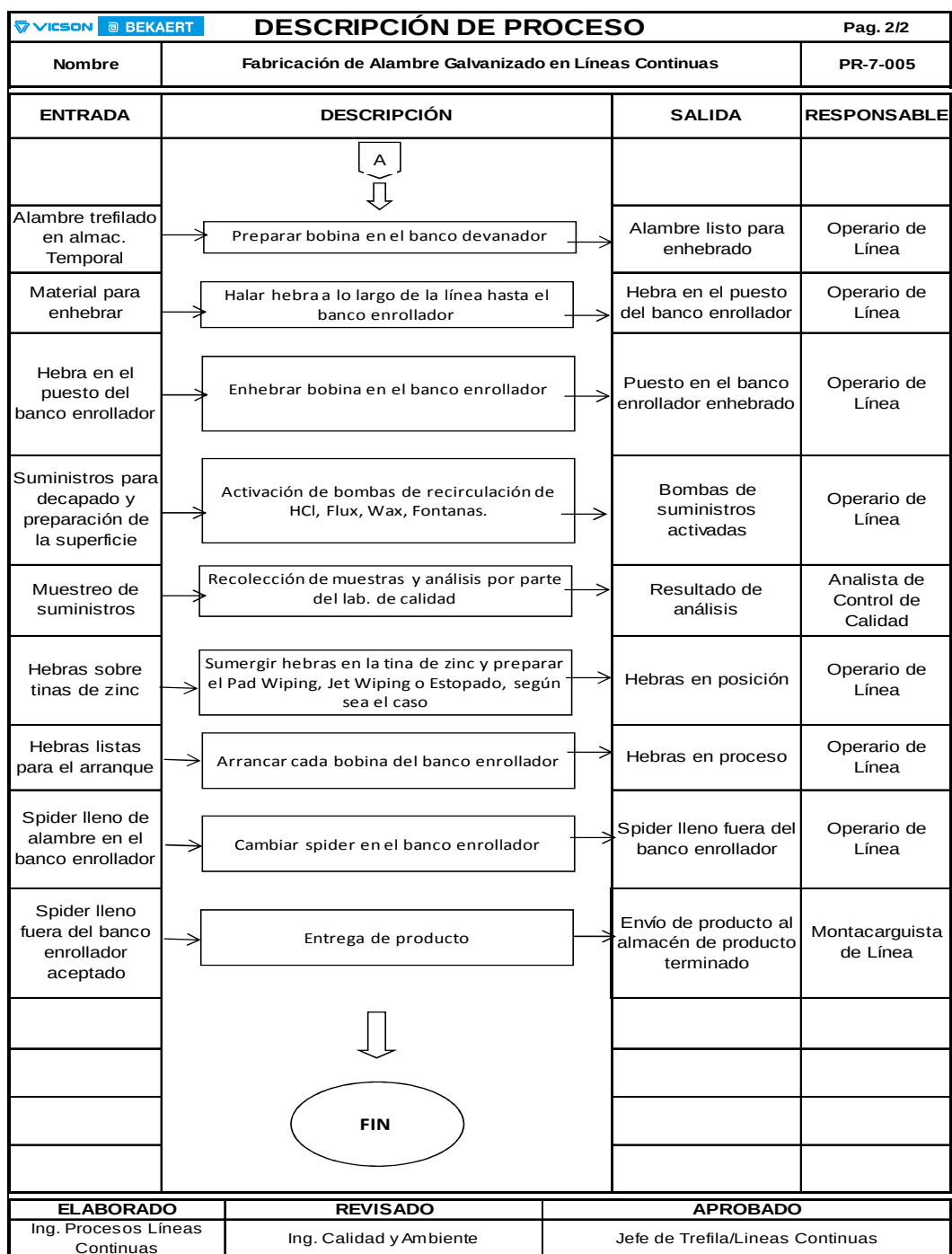


Figura 4.7. Descripción del proceso, entradas y salida.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

4.5.2 Flujograma de proceso de galvanizado.

En la figura 4.8 se muestra el Flujograma de proceso de la elaboración de Alambre Galvanizado.

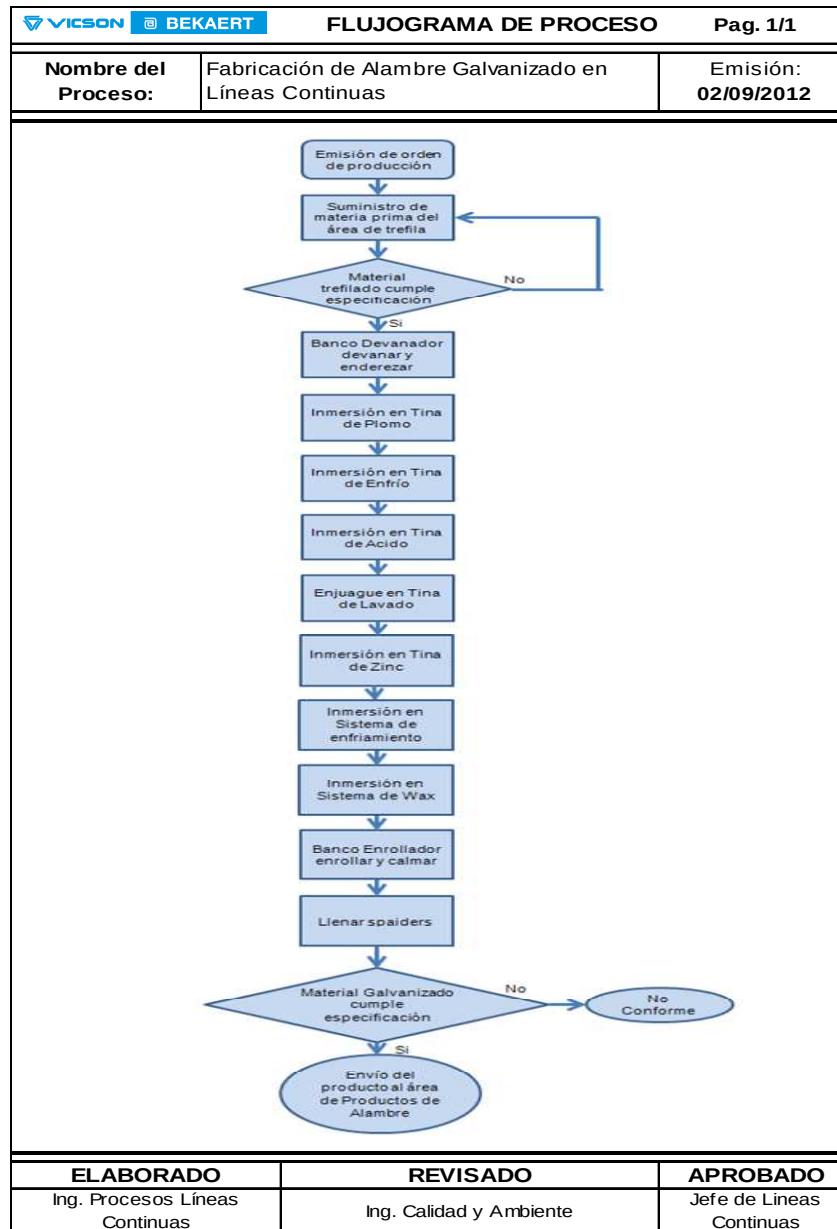


Figura 4.8. Flujograma del Proceso de Galvanizado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

4.5.3 Diagrama de flujo del proceso de galvanizado.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de galvanizado el cual está representado con cada una de sus etapas, ver figura 4.9.

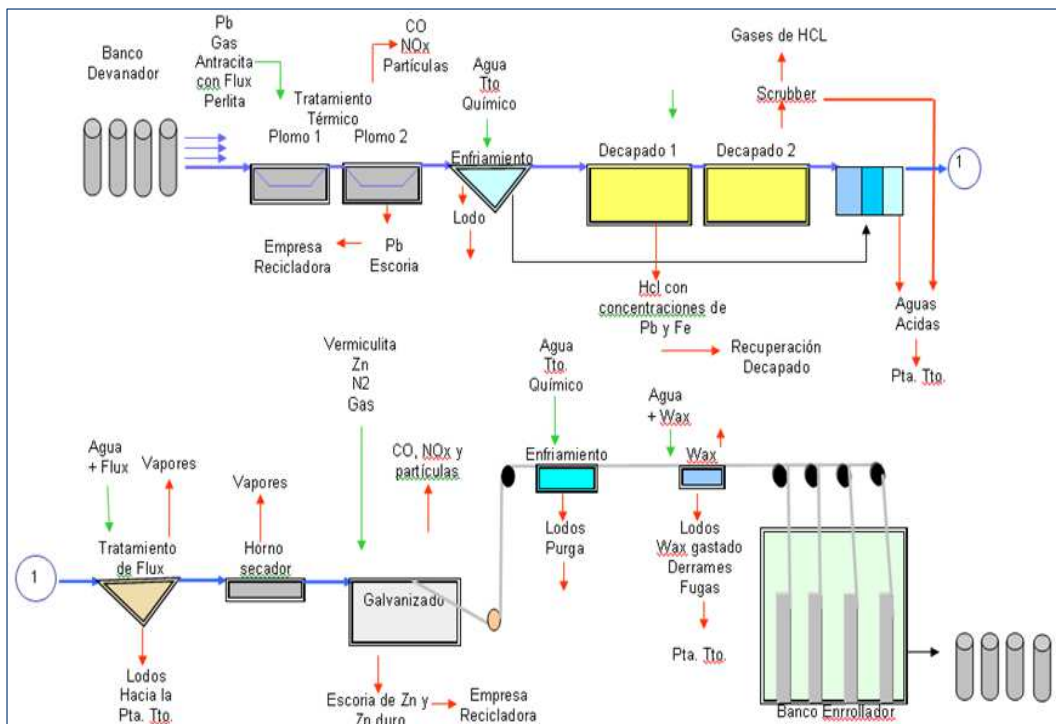


Figura 4.9. Diagrama del Proceso de Galvanizado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

5.1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS:

La unidad de análisis es la línea de Galvanizado # 01, del área de Líneas Continuas de Vicson S.A. La muestra del estudio es una muestra aleatoria con respecto al consumo de zinc en la línea 01, donde se realizará el análisis del proceso con el fin de identificar las causas principales del problema y obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población.

Al revisar la información mostrada en el planteamiento del problema con respecto a la Figura 1.2. (Índice del consumo de Zinc por tonelada producida en la Línea de Galvanizado 01.), se observa que para el 2012 el índice fue 76.12, que representa aproximadamente un consumo de zinc de 1.056.186 kilogramos; en la figura 5.1, se examina la distribución de este consumo para obtener los efectos más importantes.

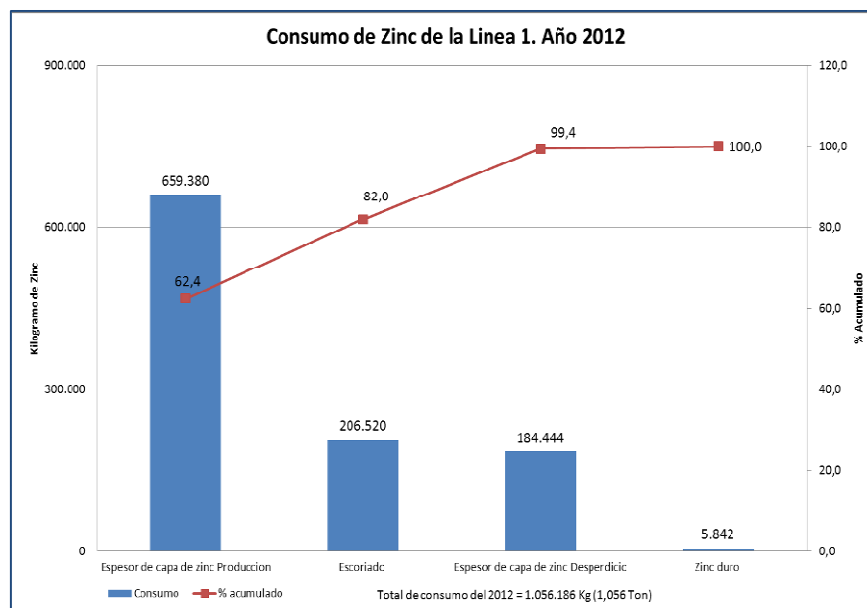


Figura 5.1. Consumo de Zinc en la Línea de Galvanizado 01. Año 2012.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

De la gráfica 5.1 se establece para el análisis, dos efectos importantes que representan más del 80% del consumo de zinc en la línea, los cuales son: el espesor de capa del alambre producido y el escoriado.

Para el caso del espesor de capa, se realizó una revisión de la producción de la línea del año 2012, a fin de identificar cuáles son los productos de mayor importancia e impacto en la línea y a su vez los de mayor consumo de zinc en la misma.

Según el sistema SAP (Vicson) existen actualmente 12 productos que se fabrican en la línea, en la siguiente figura 5.2, se observa una gráfica Pareto de 9 productos que se fabricaron en el año 2012, de manera de conocer el nivel de producción por producto y el porcentaje de fabricación de los mismos.

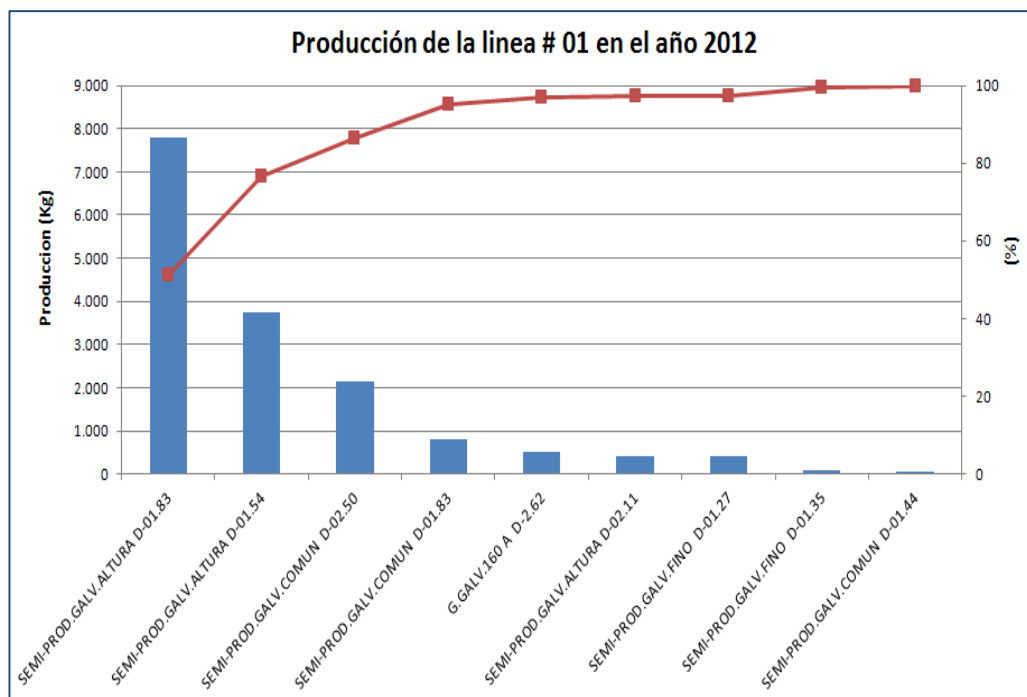


Figura 5.2. Producción de la línea 01 en el año 2012.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2012)

Finalmente, del grafico anterior, los productos 1.83mm y 1.54mm representan más del 80% de la producción de la línea en el año 2012, de una producción de 13.875 toneladas producidas. Sin embargo para esta investigación, se tomará en cuenta el alambre de diámetro 1.83mm, debido a que el proceso de fabricación de todos los productos es el mismo, y los procesos, métodos y propuestas de mejoras que se desarrollen y se finiquiten a lo largo del trabajo de investigación, se aplican de la misma manera a todos los diámetros.

Para el caso del escoriado, se realizó una revisión del proceso y de las instrucciones de trabajo establecidas hasta la fecha, a fin de observar deficiencias en la ejecución del mismo. Se concluye que existen diferencias significativas en la manera de trabajar así como la falta de estandarización de algunas actividades de cada operario, además de la falta de dispositivos o herramientas adecuadas para realizar las actividades correspondientes.

5.2 MEDICIÓN

5.2.1 Medición del espesor de capa del alambre 1.83mm

Para la medición del alambre 1.83mm de diámetro, se realizó el levantamiento de 177 muestras aleatorias durante el mes de junio 2013, almacenando diariamente un promedio de 8 datos del primer turno con respecto al espesor de capa de zinc. De manera de conocer el comportamiento actual del proceso. El tamaño de la muestra se calculó en base la cantidad de spider que sale de la línea en un periodo de un mes, no se usó el anual, ya que se debe tomar muestra en todos los meses y no se dispone de personal para lo requerido. Ver tabla 5.1.

Tabla 5.1. Cálculo del tamaño de la muestra.

Periodo	Spaider / Turno	Spaider / Dia	N = Poblacion (Spaider)	σ = Desviación estándar de la población	Z = Nivel de confianza. 95% de confianza equivale a 1,96	e = Límite aceptable de error muestral. Varía entre 1% (0,01) y 9% (0,09)	Numero de Muestra $n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$
Mensual	31	93	1860	0,5	1,96	0,07	177
Anual	31	93	22320	0,5	1,96	0,07	194

Estos datos se pueden observar en la tabla 5.2, llamada condiciones de proceso en línea 1, la cual contempla las siguientes variables independientes: temperatura del horno de zinc, puesto de la línea donde corre el alambre, diámetro de entrada del alambre de entrada, rebeldía del alambre y diámetro de la circunferencia del calmado en la entrada al banco devanador, caudal de suministro de nitrógeno, tipo de nozzle usado, vibración del alambre en el jet, velocidad que va el alambre, diámetro de la circunferencia del calmado y rebeldía del calmado en la salida del banco enrollador, diámetro del alambre a la salida del banco enrollador y espesor de capa de zinc del alambre que va hacer nuestra variable dependiente.

Tabla 5.2. Condiciones de proceso en línea 1.

CONDICIONES DE PROCESO EN LÍNEA 1.																
Fecha		06/05/2013														
Temp. Zinc (°C)		449°C				Operario:			Mariany							
Presión Manifold Jet (psi)		30														
PUESTO	BANCO DEVANADOR			Caudal de aire/N ₂ (m ³ /h)	Nozzel	Vibración	Velocidad (m/min)	BANCO ENROLLADOR			Capa de Zinc (g/m ²)					
	Ø ALAMB. (mm)	CALMADO						Ø ALAMB. (mm)	CALMADO							
		Ø CIRCUNF. (mm)	REBELDÍA (mm)						Ø CIRCUNF. (mm)	REBELDÍA (mm)						
14	1,738	780	95	4,2	9	2	95	1,778	-65	325	P ₁	1,1913	P ₂	1,1369	Ø 1,736 162,64	
15	1,735	1010	100	4,4	9	1	95	1,769	-25	87	P ₁	1,2896	P ₂	1,2282	Ø 1,732 169,54	
30	1,762	55	20	3,2	9	1	86	1,842	40	60	P ₁	2,0024	P ₂	1,8693	Ø 1,761 245,51	
31	1,745	65	0	3,1	9	1	94	1,813	325	75	P ₁	2,0155	P ₂	1,8954	Ø 1,742 216,12	
32	1,788	220	245	3,1	10	1	94	1,855	150	295	P ₁	1,8554	P ₂	1,7246	Ø 1,787 265,37	
33	1,779	385	50	2,4	9	1	96	1,851	-75	130	P ₁	1,8988	P ₂	1,7893	Ø 1,775 212,69	
38	1,739	-50	395	3,7	9	1	86	1,812	30	100	P ₁	2,365	P ₂	2,1797	Ø 1,737 289,13	
39	1,558	275	40	2,4	9	2	95	1,658	-85	75	P ₁	1,9529	P ₂	1,7753	Ø 1,557 304,98	

Para obtener el valor de espesor de capa de la tabla 5.2, se calcula a través de doble pesada, que consiste en seleccionar una muestra de 10cm de largo, este se pesa y se reporta como peso1, luego se decapa para remover el zinc adherido, se vuelve a pesar y se reporta peso2. Luego aplica

la siguiente fórmula la cual fue establecida por el departamento de calidad de Vicson en unidades de g/m², donde 1958 es el factor de capa.

$$\text{Espesor de capa (g/m}^2\text{)} = \frac{((\text{peso1}-\text{peso2}) \cdot 1958 \cdot (\text{diámetro del alambre con zinc}))}{(\text{peso1})}$$

5.2.1.1 Validación del sistema de medición del espesor de capa del alambre 1.83mm.

Para la validez del sistema de medición se empleará la prueba de R&R, donde cada uno de los tres operarios seleccionados debe realizar tres mediciones de cada spider buscando la validez estadística de los resultados.

El estudio R&R del sistema de medición, es la cantidad de variación causada por el sistema de medición y por las diferencias entre las piezas. La variación se divide en dos componentes:

- Repetibilidad: variabilidad entre las mediciones repetidas de la misma pieza, las cuales son realizadas por el mismo operador.
- Reproducibilidad: variabilidad que se produce cuando la misma pieza es medida por diferentes operadores.

Se puede determinar si un sistema de medición es aceptable utilizando las siguientes directrices:

Si la contribución del R&R del sistema de medición total en la columna % Variación del Estudio (% Tolerancia, %Proceso) es:

- Menor que 10%, es aceptable.
- Entre 10% y 30%, es aceptable dependiendo de la aplicación.
- Mayor que 30%, no es aceptable y debe ser mejorado.

Si observa la columna % Contribución, los estándares correspondientes son:

- Menor que 1%, es aceptable.

- Entre 1% y 9%, es aceptable dependiendo de la aplicación.
- Mayor que 9%, no es aceptable y debe ser mejorado.

A continuación se muestra el análisis del estudio de R&R, con los datos obtenidos de la tabla 5.2, con el fin de determinar si el sistema de medición es aceptable o no. Ver figura 5.3.

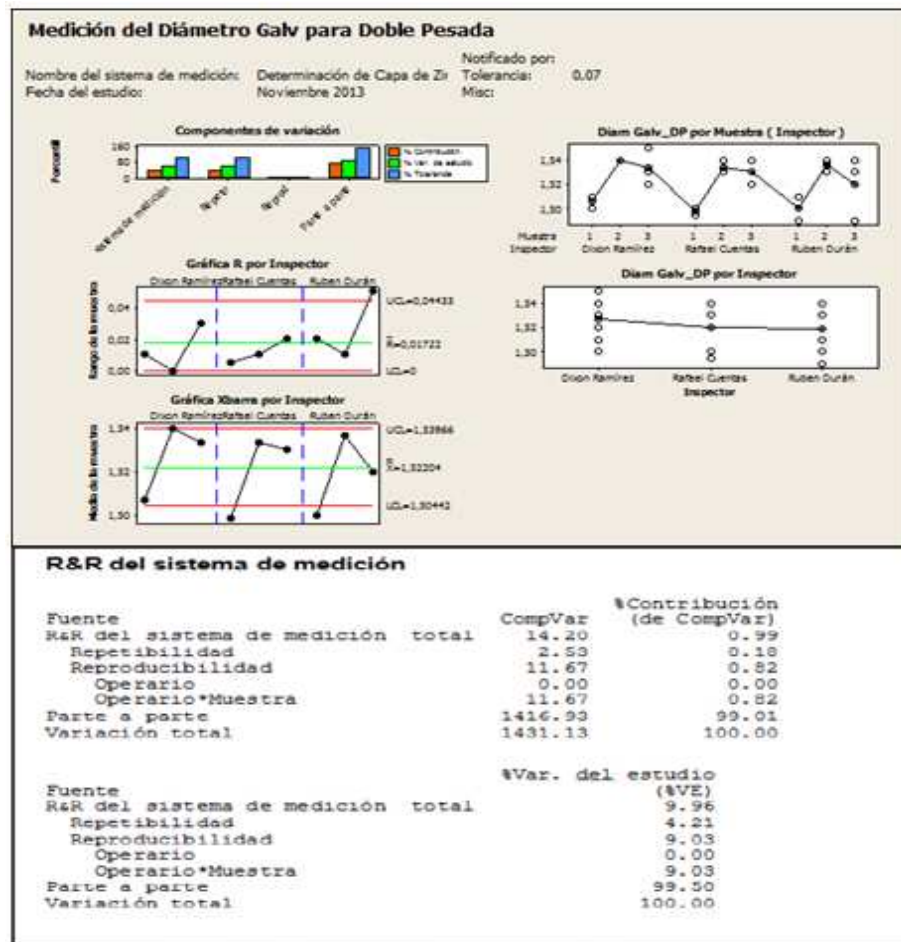


Figura 5.3. Resultados del análisis de R&R.

Fuente: Laboratorio de Calidad. Vicson S.A. (2012).

De los gráficos estadísticos mostrados en las Figura 5.3, se puede concluir que el 10 % de toda la variación del proceso se le puede atribuir al sistema de medición. Por lo tanto la capacidad del sistema de medición es aceptable.

5.2.2 Medición de la cantidad de escoriado.

Para esta medición se realizó una revisión de los tres últimos años de producción, con el fin de obtener información del gasto de zinc con respecto a la producción, el resultado según la figura 5.4, del gasto por tonelada por año es de 17.71kg/ton, es decir 2.71kg/ton más que lo esperado por la producción reportada.

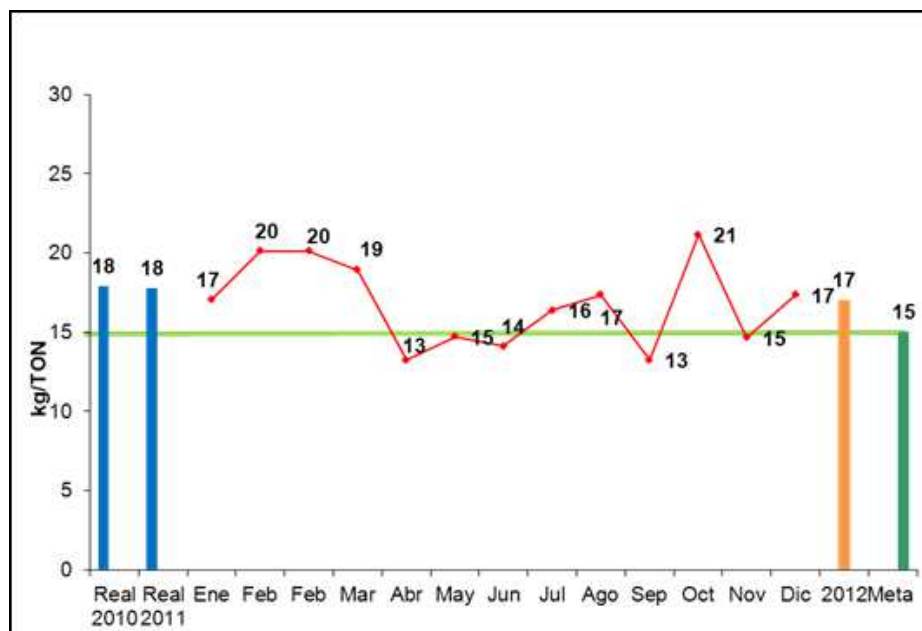


Figura 5.4. Consumo promedio de Zinc Escoriado en la Línea de Galvanizado 01.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2012)

5.3 ANÁLISIS

5.3.1 Análisis del espesor de capa del alambre 1.83mm.

Para el análisis de este proceso, se realizó una revisión de los parámetros establecidos en la línea, con el fin de observar las diferentes variables discretas y continuas del proceso, y el comportamiento de las mismas. Los cálculos, gráficas y verificaciones estadísticas de las variables se realizarán a través del Minitab 15.

Según la metodología Seis Sigma Esbelta, es necesario reconocer y eliminar defectos para reducir el consumo de Zinc a través de la disminución de la variabilidad del proceso, generando posibles mejoras y agregando más valor del producto para el cliente.

De los datos obtenidos de la tabla 5.2, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la variable dependiente, espesor de capa. Ver gráfico 5.5, el cual muestra la distribución de los datos, con sus límites tanto inferior como superior, también muestra los diferentes resultados de capacidad del proceso.

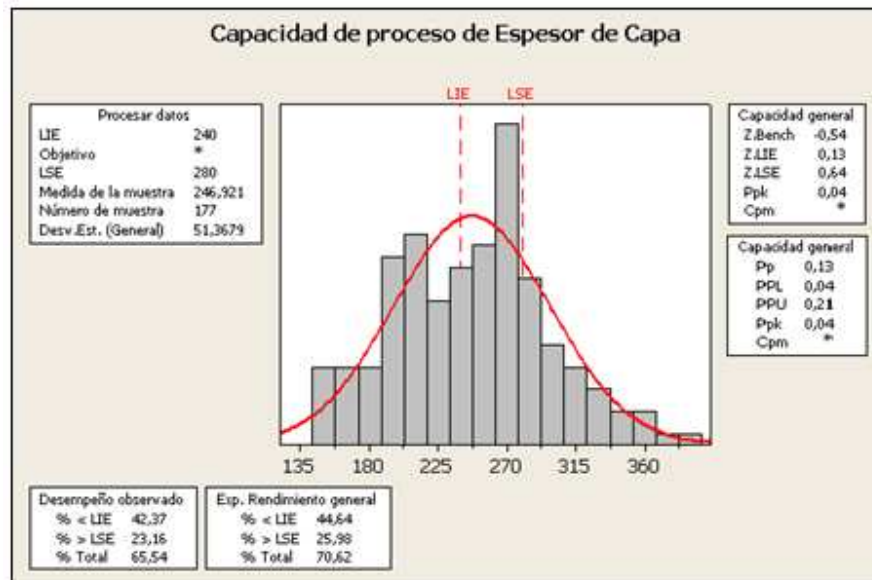


Figura 5.5. Capacidad de proceso de espesor de capa.

De la figura 5.5, se observa que para el cálculo el nivel sigma del proceso, se utilizaron 177 mediciones realizadas durante el mes de junio, para identificar la dispersión del espesor de la capa de zinc y para detectar los incumplimientos de los parámetros exigidos para el alambre.

- La desviación estándar en la mayoría de los casos está en 51.37, el objetivo es aumentar la capacidad del proceso y disminuir esta dispersión.
- Los valores por encima de la especificación nominal están en 25.98% g/m² de zinc, lo que hace considerar que hay un sobre consumo zinc en el proceso.
- El porcentaje de dispersión de la capa de zinc se encuentra en valores de 70.62%.
- Los valores de Cpk hallados se alejan en todos los casos del valor nominal de un proceso controlado, estando en valores de 0,04; lo que claramente indica un proceso con gran variabilidad.
- Los valores obtenidos de la variable dependiente en este caso el espesor de capa, son normales, ya que el p-valor de 0,117 es mayor que 0,05; por lo tanto se acepta normalidad. Ver grafica 5.6.

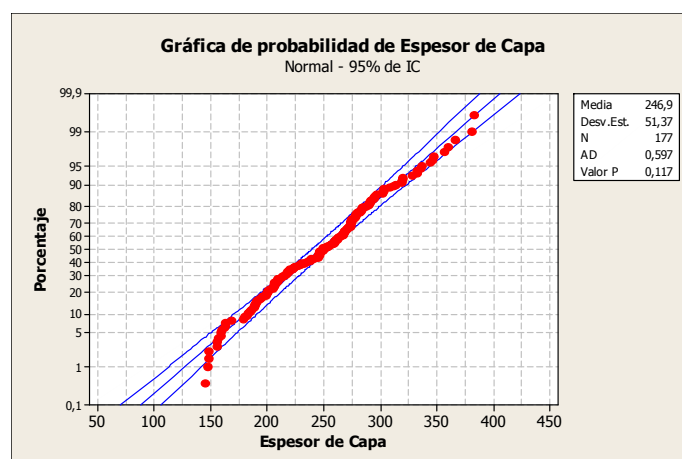


Figura 5.6. Capacidad de proceso de espesor de capa.

Una vez revisado la información de la figura 5.6, y ver la alta dispersión de la variable dependiente (espesor de capa), se realiza un análisis Ishikawa para identificar las posibles causas raíz y los efectos dados por las variables que intervienen en el proceso, tomando en cuenta las siguientes categorías apropiadas para el problema, las cuales son Maquinaria, Medio Ambiente, Materiales, Mano de Obra, Métodos y Mediciones. Ver figura 5.7.

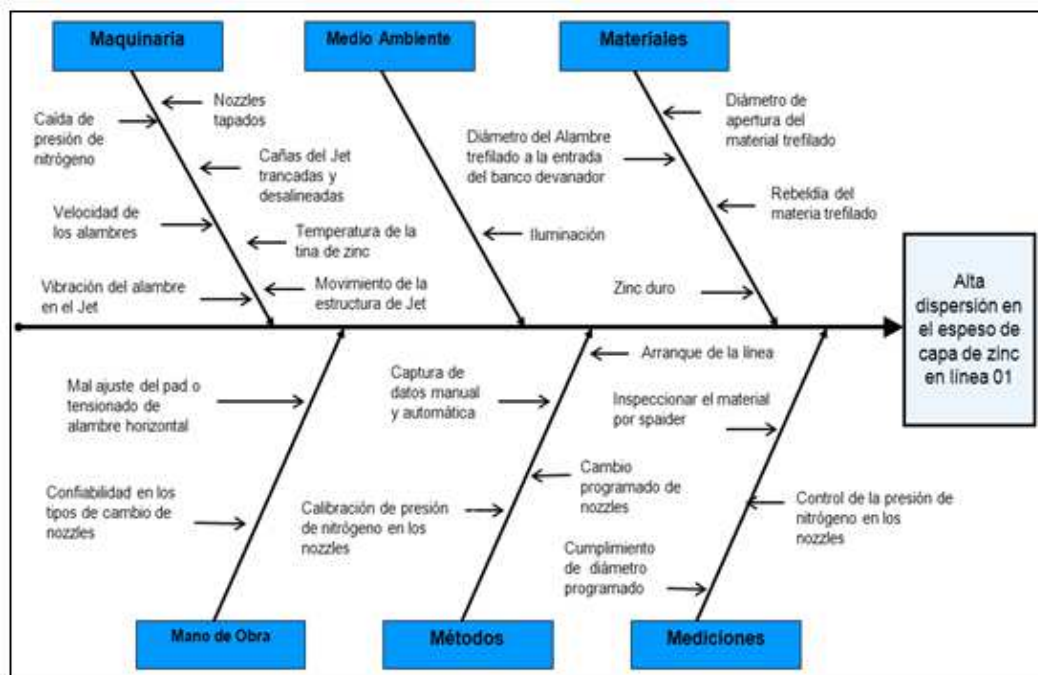


Figura 5.7. Análisis de causa raíz de la alta dispersión del espesor de capa.

De las causas descritas en la figura 5.7, se realiza un análisis de ponderación, a través de la herramienta de técnica de grupo nominal para priorizar que causas de gran impacto se estudiarán, ver tabla 5.3.

Esta tabla consiste en determinar según la opinión de cinco operarios, el nivel de importancia, según la calificación listada del 1 al 8, con esta información se puede calcular los efectos que tiene cada una de las causas y posteriormente graficarlas. Los operarios involucrados son del banco devanador y enrollador de la línea # 01, de todas las causas solo evaluaron ocho cada uno.

Tabla 5.3. Ponderación de causas de alta dispersión del espesor de capa.

Dar valores según su importancia: 8: Muy frecuente , todo el turno. (Muy Importante) 7: Frecuente , diariamente. (Importante) 6: Diariamente, intermitente en el turno 5 :Diariamente, pocas veces en el turno 4 : Poco frecuente, ocurre entre días 3: Poco frecuente, puede ocurrir en la semana 2:Ocurre pero con poca frecuencia (Menos importante) 1:Ocurre con muy poca frecuencia (Menos importante) NOTA: DE TODAS LAS CAUSAS, TOMAR LAS 8 MAS GENERADORAS DE DISPERSION SEGUN SU CRITERIO / EXPERIENCIA. Tómese su tiempo para analizar las causas, de su respuesta depende la determinación de la causas mas probables.	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Efecto de la causa	% individual
Caudal de presión de nitrógeno			2			2	1,1
Velocidad de los alambres	4	5		1	3	13	7,2
Vibración del alambre en el jet	3	3	5	2	4	17	9,4
Nozzles Tapados						0	0,0
Cañas del jet trancadas y desalineadas						0	0,0
Temperatura de la tina de zinc	2	1		4	2	9	5,0
Movimiento de la estructura del jet				3		3	1,7
Iluminación						0	0,0
Diámetro del alambre trefilado	8	7	6	7	6	34	18,9
Diámetro de apertura del alambre trefilado	7	4	8	5	5	29	16,1
Rebeldía del alambre trefilado	6	6	4	6	8	30	16,7
Mal ajuste del pad o tensionador						0	0,0
Confiabilidad en los cambio de nozzles	1	2			1	4	2,2
Captura de datos manual y automática						0	0,0
Calibración del caudal de nitrógeno	5	8	7	8	7	35	19,4
Arranque de línea						0	0,0
Cambio programado de nozzles			3			3	1,7
Cumplimiento del diámetro programado						0	0,0
Control de la presión en los nozzles			1			1	0,6
Participantes del análisis: Operadores del Enrollador y Devanador de Línea 1						180	100,0

De la información obtenida en la Tabla 5.3, se hace un diagrama de Pareto con las causas de dispersión de la capa de zinc de la línea # 01, ver figura 5.8.

Se ordenan de mayor a menor según efecto de importancia y se grafica la curva de acumulado de porcentaje de cada una, con el fin de descubrir el 20% de las causas que causan el 80% de los efectos. El uso del diagrama de Pareto ayuda a la investigación en establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro del área, evaluar todas las causas y saber si se pueden resolver o si es mejor obviar.

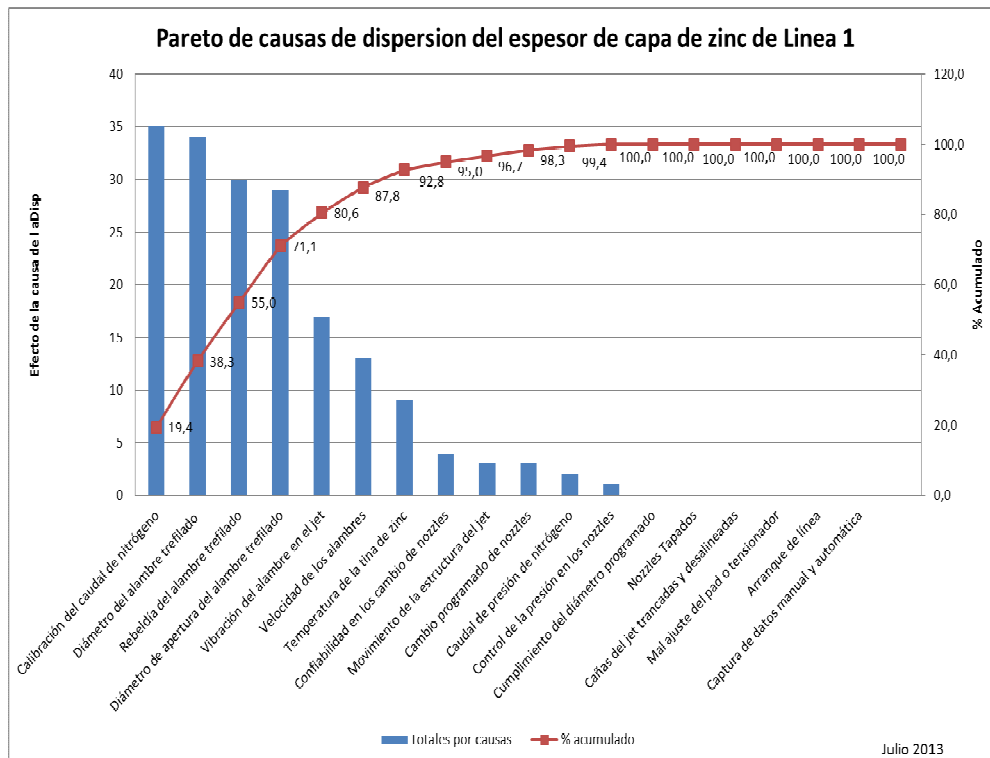


Figura 5.8. Diagrama Pareto de causas de dispersión del espesor de capa de zinc.

De la figura 5.8, se escogen las principales causas, cinco para el análisis estadístico de la variación del espesor de capa, ya que representan más del 80% de los efectos, pero por requerimientos del ingeniero de proceso del área de galvanizado, se decide estudiar el 95% de las causas, el motivo radica en evaluar las especificaciones de estas causas.

Finalmente se decide analizar ocho causas, las cuales son: calibración del caudal de nitrógeno, diámetro del alambre trefilado, rebeldía del alambre trefilado, diámetro de apertura del alambre trefilado, vibración del alambre en el jet, velocidad de los alambres, temperatura de la tina de zinc y confiabilidad en los cambio de los nozzles.

Estas causas, se definen como variables independientes de tipo continua o discreta y según como se precisen los datos de entrada se realizará el estudio respectivo, para ello se toma en referencia la tabla 5.4, donde muestra el criterio de decisión de la variable X y Y para el análisis estadístico.

Tabla 5.4. Decisión de la variable X y Y para el análisis estadístico.

		Variable Y (Variable Dependiente) Salida de Y	
		Discreta	Continua
Variable X (Variable Independiente) Entrada de X	Discreta	Chi Square	t-Test ANOVA DOE
	Continua	Regresión Logística	Regresión Correlación

A continuación se definen las variables, y con el criterio de decisión de la tabla 5.4, se define el análisis:

- Confiabilidad en los cambio de nozzles: se define como variable independiente de tipo discreta de dos muestras, los datos de entrada son, nozzle 9 y nozzle 10. Donde los datos de salida son continuos, por lo tanto se realizará el análisis t-Test
- Vibración del alambre en el jet: se define como variable independiente de tipo discreta con más de dos muestras, para los datos de entrada se consideran tres niveles:
 1. Sin vibración
 2. Vibración baja
 3. Vibración alta

Los datos de salida son continuos, por lo tanto se realizará el análisis Anova.

- Velocidad de los alambres: se define como variable independiente de tipo discreta con más de dos muestras, se consideraron cinco velocidades como datos de entradas, 86-94-95-96-97 metros por minuto y los datos de salida son continuos, por lo tanto se realizará el análisis Anova.
- Temperatura de la tina de zinc: se define como variable independiente de tipo discreta con más de dos muestras, se consideraron cinco temperaturas como daros de entrada 447-448-449-450-451 grados centígrados y conociendo que los datos de salida son continuos, se realizará el análisis Anova.

Para el caso de variables independientes de tipo continua se definieron las siguientes, debido a que sus datos de entrada varían de acuerdo a un número infinito de valores, y sus datos de salida son continuos, por lo tanto se decide hacer análisis por Regresión Lineal, estos datos de entrada son:

- Calibración del caudal de nitrógeno (N2)
- Diámetro del alambre trefilado ($\emptyset$ Dev.)
- Rebeldía del alambre trefilado (Reb. Dev)
- Diámetro de apertura del alambre trefilado ($\emptyset$ Circ. Dev)

Las causas, ya definidas como variables discretas y continuas, serán analizadas a través de prueba t, Anova y regresión lineal, con el fin de validarlas y determinar el nivel de significación estadística, ya sea de asociación o independencia entre una variable dependiente y una variable independiente discreta o continua.

5.3.1.1 Análisis de las variables de entrada discretas:

Este grupo de variables se analizará por pruebas paramétricas, a través de la Prueba t para una o dos muestras independientes y ANOVA para más de dos muestras independientes.

Las pruebas paramétricas que se realizan a estas cuatro variables discretas, cumplen con la distribución Normal de la variable cuantitativa, también de homogeneidad de varianzas en las poblaciones y una n muestral no inferior a 30.

A continuación se muestra los resultados del análisis de las variables discretas:

- Confiabilidad en los cambio de nozzles (Nozzle)

Se realiza la Prueba T para dos muestras: Espesor de Capa con respecto a Nozzle 9 y 10.

Prueba de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (si $p_value < 0.05$. Acepto la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son iguales).

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$ (si $p_value > 0.05$. Rechazo la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son diferentes).

T-test de dos muestras para Espesor de Capa Vs Nozzle

Nozzle	N	Media	Desv.Est.
9	164	245,8	52,1
10	13	261,6	40,1

Valor T = -1,33 Valor P = 0,202

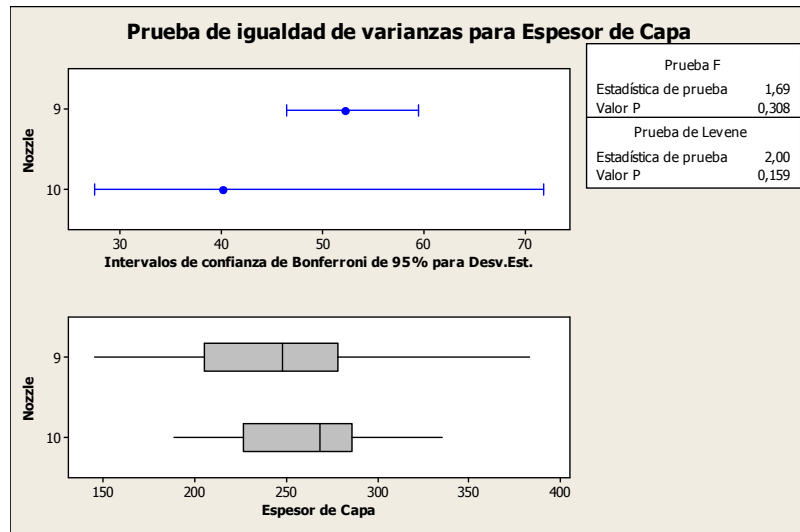


Figura 5.9. Prueba de igualdad de varianzas para espesor de capa.

Del análisis t-Test de la variable independiente nozzle, se rechaza la hipótesis nula, ya que el P-valué es mayor a 0.05, y a su vez la homogeneidad (ver figura 5.9), indica que si hay diferencias significativas entre las medias, debido a la alta variabilidad.

- Vibración del alambre en el jet (Vibración)

Se realiza la Prueba Anova para más de dos muestras: Espesor de Capa con respecto a Vibración nivel 1, 2 y 3.

Prueba de hipótesis:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (si $p_value < 0.05$. Acepto la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son iguales).

Ho: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (si $p_value > 0.05$. Rechazo la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son diferentes).

ANOVA unidireccional: Espesor de Capa vs. Vibración

Nivel	N	Media	Desv.Est.
1	120	242,66	52,57
2	39	256,37	53,03
3	18	254,83	35,87
R-cuad. = 1,46% P = 0,278			

Del análisis Anova de la variable vibración, se rechaza la hipótesis nula ya que el $P\text{-value} > 0.05$, y a su vez la homogeneidad, indica que si hay diferencias significativas entre las medias de la variable vibración que presenta la hebra.

- Velocidad de los alambres (Veloc.)

Se realiza la Prueba Anova para más de dos muestras: Espesor de Capa con respecto a Velocidad 86-94-95-96-97.

Prueba de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (si $p\text{-value} < 0.05$. Acepto la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son iguales).

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (si $p\text{-value} > 0.05$. Rechazo la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son diferentes).

ANOVA unidireccional: Espesor de Capa vs. Veloc.

Nivel	N	Media	Desv.Est.
86	33	265,15	50,82
94	51	238,93	48,89
95	68	237,27	51,85
96	14	254,88	40,28
97	11	278,80	53,30
R-cuad. = 7,03% P = 0.013			

Del análisis Anova de la variable Velocidad, se acepta la hipótesis nula, ya que el $P\text{-value} < 0.05$, y a su vez la homogeneidad, indica que no existe diferencias significativas entre las medias de la variable velocidad que presenta la hebra.

- Temperatura de la tina de zinc (Temp)

Se realiza la Prueba Anova para más de dos muestras: Espesor de Capa con respecto a 447-448-449-450-451 grados centígrados.

Prueba de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (si $p_value < 0.05$. Acepto la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son iguales).

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (si $p_value > 0.05$. Rechazo la hipótesis nula. Las medias de las poblaciones son diferentes).

ANOVA unidireccional: Espesor de Capa vs. Temp

Nivel	N	Media	Desv.Est.
447	27	238,79	51,96
448	18	270,85	51,98
449	48	259,34	54,42
450	58	241,57	46,13
451	26	227,86	47,81
R-cuad. = 6,60% P = 0,019			

Del análisis Anova de la variable Temperatura, se puede observar que existe asociación con respecto a variable dependiente, ya que el $P_value < 0.05$, y a su vez la homogeneidad, indica que no hay diferencias significativas entre las medias por lo tanto son iguales.

5.3.1.2 Análisis de las variables de entrada continuas:

A este grupo de variables continuas se analiza por Regresión Lineal, una vez ajustado el modelo, se comprueba: normalidad y Homocedasticidad.

De los datos recogidos de la tabla 5.2, con respecto a estos datos, se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis de regresión: Capa vs. Ø Dev.; Ø Circ. Dev; Reb. Dev; N2

La ecuación de regresión es:

$$\text{Capa} = - 427 + 646 \cdot \text{ØDev} + 0,282 \cdot \text{ØCirc.Dev} + 0,207 \cdot \text{Reb.Dev} - 174 \cdot \text{N2}$$

Análisis de regresión

Predictor	T	P
Constante	-1,83	0,098
Ø Dev.	4,23	0,002
Ø Circ. Dev	4,94	0,001
Reb. Dev	1,54	0,153
N2	-7,52	0,000

S = 18,7979 R-cuad. = 93,2% R-cuad. (Ajustado) = 90,5%

Análisis de varianza

Fuente	F	P
Regresión	34,16	0,000

Una vez ajustado el modelo lineal, se debe validar y comprobar que se cumplan algunos supuestos, como son:

1. Normalidad. La respuesta de Y frente a X es lineal. Cumple linealidad, ver figura 5.10. Gráfica normal de residuos para Capa

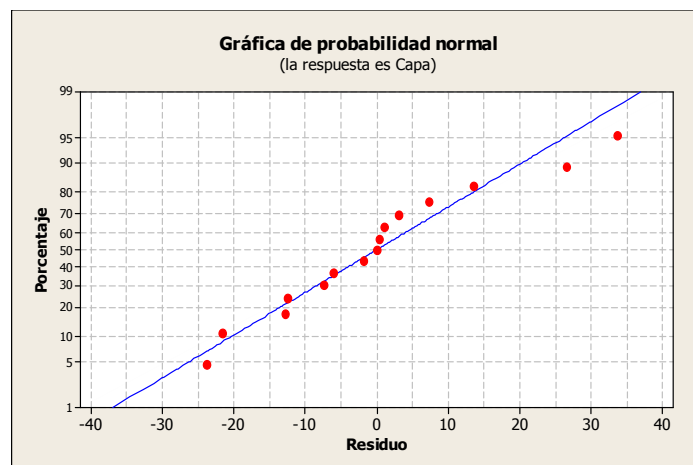


Figura 5.10. Gráfica normal de residuos para Capa.

2. Los residuos del modelo son normales, es decir, siguen una distribución de tipo gaussiana (campana de Gauss). El cual también cumple, ver figura 5.11. Gráfica de probabilidad de Residuos.

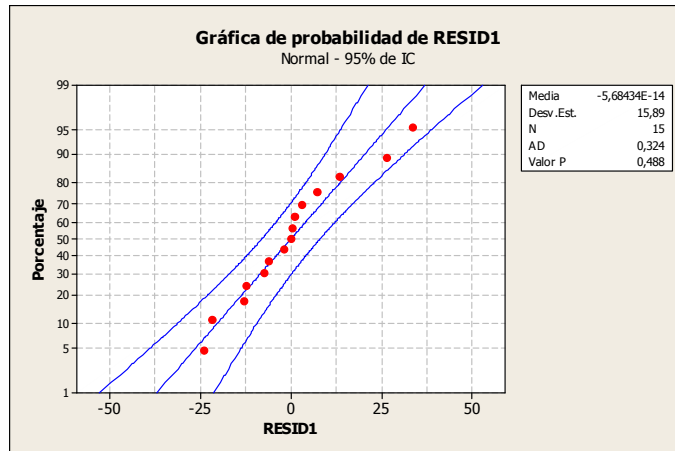


Figura 5.11. Gráfica de probabilidad de Residuos.

3. Homogeneidad. Las varianzas son homogéneas en los distintos niveles del factor o en los diferentes intervalos de la variable respuesta, ver figura 5.12. Gráfica de probabilidad de Residuos.

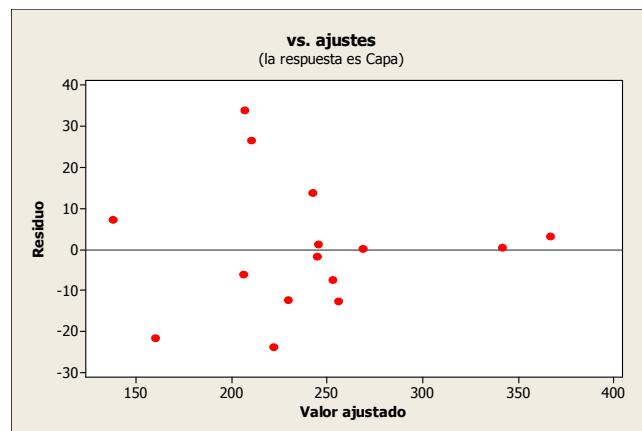


Figura 5.12. Gráfica de Residuos vs ajustes para capa.

Cumpliendo estos tres aspectos, se comprueba que los datos son normales para el análisis de regresión lineal.

En la Tabla 5.5, se presenta un resumen de las causas raíces que influyen significativamente en la variable Y (capa g/m²).

Tabla 5.5. Resumen, causas raíces de la variación del espesor de capa.

CAUSA POTENCIAL	PRUEBA DE VERIFICACIÓN	RESULTADO DE LA PRUEBA (Valué-P<0,05 Acepto) (Valué-P>0,05 Rechazo)	¿ES CAUSA RAIZ?	CONCLUSION
Confiabilidad en los cambio de nozzles (Nozzle)	Prueba T	Valor P = 0,202 Valor T = -1,33	NO	-
Vibración del alambre en el jet (Vibración)	Anova	Valor P = 0,278 R-cuad. = 1,46%	NO	-
Velocidad de los alambres (Veloc.)	Anova	Valor P = 0,018 R-cuad. = 9,42%	SI	A mayor velocidad, menor es la capa de zinc en el Alambre
Temperatura de la tina de zinc (Temp)	Anova	Valor P = 0,023 R-cuad. = 9,03%	SI	A menor temperatura, menor es la capa de zinc en el Alambre
Calibración del caudal de nitrógeno (N2)	Regresión Lineal	Valor P = 0,000 Valor T = -7,52 R-cuad. = 93,2%	SI	A mayor caudal de nitrógeno, menor es la capa de zinc en el Alambre
Diámetro del alambre trefilado (Ø Dev.)	Regresión Lineal	Valor P = 0,002 Valor T = 4,23 R-cuad. = 93,2%	SI	A menor diámetro de alambre trefilado, mayor es la capa de zinc en el Alambre
Rebeldía del alambre trefilado (Reb. Dev)	Regresión Lineal	Valor P = 0,153 Valor T = 1,54 R-cuad. = 93,2%	NO	-
Diámetro de apertura del alambre trefilado (Ø Circ. Dev)	Regresión Lineal	Valor P = 0,001 Valor T = 4,94 R-cuad. = 93,2%	SI	A menor diámetro de apertura mayor es la capa de zinc en el Alambre

De la tabla 5.5, se define que las variables Calibración del caudal de nitrógeno, Diámetro del alambre trefilado, Diámetro del alambre trefilado, y Diámetro de apertura del alambre trefilado son causas raíz significativas con alto nivel de aceptación, ya que su coeficiente de determinación de X el cual explica a Y es del 93.2% también se considera causa raíz la Velocidad de los alambres y la Temperatura de la tina de zinc. Estas variables serán consideradas para la fase de mejora.

5.3.2 Análisis de la cantidad de escoriado.

Según la gráfica 5.1 se establece también para el análisis, el efecto del proceso de escoriado. El cual es la cantidad de zinc que se solidifica sobre la tina durante la producción, producto de varias causa.

Análisis de posibles causas del proceso de escoria:

Una vez revisado la información de la figura 5.3, y observar el comportamiento de la cantidad de escoriado de zinc, se realiza un análisis Ishikawa para analizar las posibles causas raíz y los efectos dados por las variables que intervienen en el proceso, tomando en cuenta las siguientes categorías apropiadas para el problema, las cuales son Maquinaria, Medio Ambiente, Materiales, Mano de Obra Métodos y Mediciones. Ver figura 5.13.

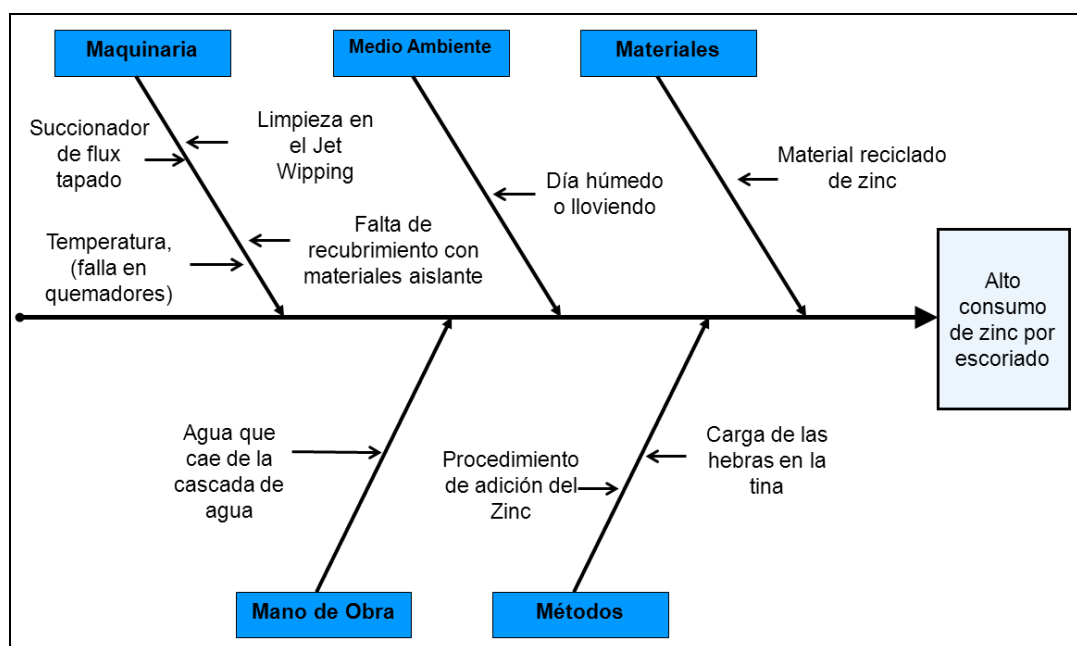


Figura 5.13. Análisis de causa raíz de la alta cantidad de escoria.

De las causas descritas en la figura 5.13, se realiza un análisis de ponderación, a través de la herramienta de técnica de grupo nominal para priorizar que causas de gran impacto se estudiaran, ver tabla 5.6.

Esta tabla consiste en determinar según la opinión de cinco operarios, el nivel de importancia, según la calificación listada del 1 al 9, con esta información podemos calcular los efectos que tiene causa una de las causas y posteriormente graficarlas. Los operarios involucrados son del banco devanador y enrollador de la línea # 01.

Tabla 5.6 Ponderación de las causas de los altos niveles de escoria.

<u>Dar valores según su importancia. Puntuación del 1 al 9:</u> 1: Menos Importante. 9: Mas Importante.	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Efecto de la causa	% individual	% Acumulado
Tómese su tiempo para analizar las causas, de su respuesta depende la determinación de la causas mas probables.								
Succionador de flux	8	9	9	9	9	44	19,5	19,5
Carga de hebras	9	7	8	7	7	38	16,8	36,3
Adición de zinc	4	8	7	6	8	33	14,6	50,9
Temperatura (falla en quemadores)	6	6	6	8	6	32	14,2	65,0
Material reciclado Zinc	7	5	5	4	5	26	11,5	76,5
Falta de recubrimiento con material aislante	6	4	4	3	3	20	8,8	85,4
Cascada de agua	3	3	2	5	4	17	7,5	92,9
Limpieza en el jet	2	2	3	2	2	11	4,9	97,8
Medio Ambiente	1	1	1	1	1	5	2,2	100,0
Participantes del análisis: Operadores del Enrollador Línea 1						226	100,0	

De la información obtenida en la tabla 5.6, se hace un diagrama de Pareto con las causas de dispersión de la capa de zinc de la línea # 01, ver figura 5.14.

Se ordenan de mayor a menor según efecto de importancia y se grafica la curva de acumulado de porcentaje de cada una, con el fin de descubrir el 20% de las causas que causan el 80% de los efectos.



Figura 5.14. Pareto de causas de los altos niveles de escoria.

De los resultados obtenidos, de la figura 5.14, se escogen las principales causas, cinco para el análisis del alto nivel de escoria, ya que representan alrededor del 80% de los efectos. Las cuales son: succionador de flux, carga de las hebras, adición de zinc y material reciclado, en el caso de la temperatura se analizó a través del punto 5.3.1.2, ya que es una causa común para los dos estudios. De este análisis se hará una serie de propuestas de mejora de las causas descritas.

CAPÍTULO VI. PROPUESTAS DE MEJORAS.

En este capítulo se plantean las propuestas de mejoras de las causas descritas en la fase de análisis mediante el desarrollo de herramientas de Seis Sigma Esbelta, correspondiente al estudio del proceso y el mejoramiento de las variables que influyen significativamente en el consumo de zinc de la línea # 01, conforme al análisis del espesor de capa y del escoriado. Adicionalmente a esto se hará una evaluación del impacto técnico y económico de las propuestas de mejora presentadas.

6.1. MEJORAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SEIS SIGMA ESBELTA PARA EL ANÁLISIS DEL ESPESOR DE CAPA:

6.1.1 Planteamiento de la mejora para la calibración del caudal de nitrógeno. Sistema DDK/DDD obsoleto:

La calibración del caudal de Nitrógeno se realiza a través del funcionamiento del sistema DDK/DDD. El cual está instalado desde el año 2009 en 40 puestos de la línea # 01 y actualmente fuera de servicio, lo que obliga a hacer esta calibración de manera manual y aumentar la dispersión en el espesor de capa de zinc del alambre.

El sistema DDK/DDD, es un sistema automático que se encarga de mantener uniforme el espesor de capa del alambre en tiempo real, tomando mediciones y haciendo ajustes en periodos de 20 segundos, además es una excelente herramienta automática de control de proceso, el cual funciona de la siguiente manera:

El alambre se enhebra a través del DDK-100, que es un dispositivo que realiza la medición del espesor de la capa de zinc del alambre de manera electrónica.

La medición obtenida es enviada al dispositivo DDD-000 que procesa la información de la medición y la envía al MODEM para ser graficada, y al mismo tiempo la envía al PLC para hacer la comparación entre el estándar, los mínimos y máximos definidos previamente en el panelview y dependiendo de las diferencias, realiza el ajuste de la inyección de nitrógeno en las electroválvulas de cada una de las 40 posiciones de la línea, con el fin de mantener un espesor de capa según lo establecido. En la figura 6.1, se muestra un diagrama del sistema.

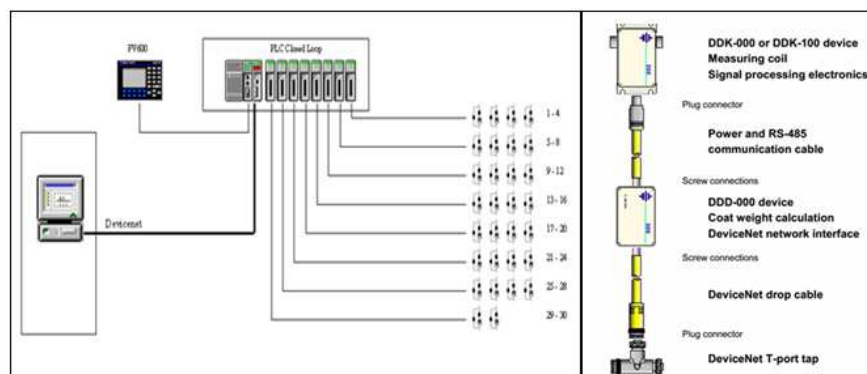


Figura 6.1. Diagrama de Funcionamiento del sistema DDK/DDD.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

El problema de este sistema DDK/DDD es el DDK-100, el cual se daña constantemente por efectos del Wax que traen las hebras. El Wax es un lubricante que debe tener el alambre por especificación del producto, cuando el alambre con Wax pasa por el dispositivo DDK-100 moja e impregna la sección cilíndrica de medición, con el transcurrir de un par de horas se va formando una gota que fluye y se filtra por el dispositivo hasta la tarjeta electrónica, generando variación considerable de la lectura del dispositivo, y a su vez hace que la tarjeta deje de funcionar, debido a esto el fabricante de estos dispositivos, lo declararon obsoletos desde septiembre 2012. Ver figura 6.2.

4. OBSOLETE DEVICES		
Due to obsolete electronic components and known problems (temperature instability), the following DDM Online System devices become obsolete as from 01 SEP 2012.		
DDM Online System obsolete devices	Ceramic inner diameter	Wire diameter range
DDK-100	10 mm	1 – 5 mm
DDD-000	–	–

 The above mentioned devices will no longer be produced and cannot be repaired as from 01 SEP 2012.

Figura 6.2. Declaración de dispositivos Obsoletos.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Si bien es cierto se limpia constantemente el dispositivo y se garantiza que la hebra llegue lo más seca posible, es necesario un rediseño de la ubicación de la tarjeta electrónica con respecto al cilindro de medición del DDK para solventar problema, ya que por la alta cantidad de paros del sistema, se encuentra fuera de servicio y el control de espesor de capa se lleva manualmente aumentando la dispersión del proceso. Ver figura 6.3. Sistema actual DDK/DDD.

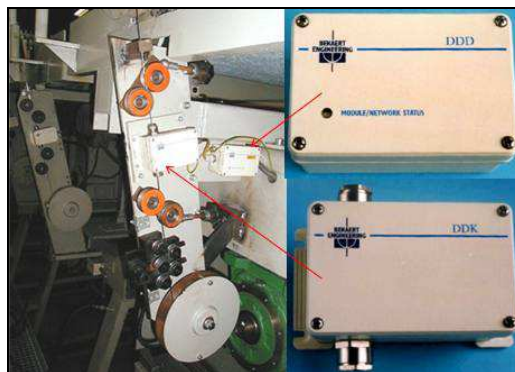


Figura 6.3. Sistema DDK/DDD.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Tomando en cuenta esto se elabora una propuesta que consiste en la actualización del sistema DDK/DDD para los 40 puestos de la línea. A través del reemplazo del dispositivo DDK-100 para que la función del cilindro de medición y tarjeta electrónica venga en dispositivos separados, aunado a

estos la tarjeta debería ir en el DDD. Estos dispositivos ya rediseñados y disponible por el fabricante son los siguientes dispositivos:

El DDK-502 el cual solo contiene el cilindro de medición y el DDD-500 que contiene la tarjeta del DDK más la función del DDD. Las especificaciones técnicas, conexiones, sistema de comunicación y características del Nuevo sistema DDK-502 / DDD-500, reposan en la organización. Ver figura 6.4, del nuevo sistema.

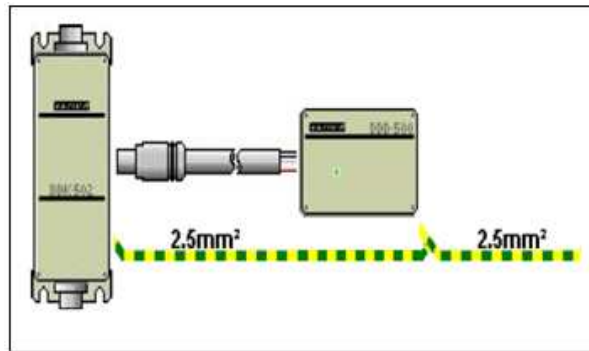


Figura 6.4. Nuevo sistema DDK-502 / DDD-500.

Actualización y resultados:

El cambio del sistema DDK/DDD propuesto, ya se ha instalado en un 15% gracias al reemplazo de 6 DDK y se ha podido registrar los siguientes resultados alcanzados hasta el momento:

- Cero paros del sistema.
- Operación continua del sistema DDK/DDD que garantiza un suministro de presión de nitrógeno adecuado al nozzle, a través de una calibración automática.
- Cero daños por efecto del Wax.
- Control continuo del espesor de capa de zinc del alambre, cumpliendo con los parámetros establecidos, y monitoreados a través de graficas de control. ver figura 6.5.

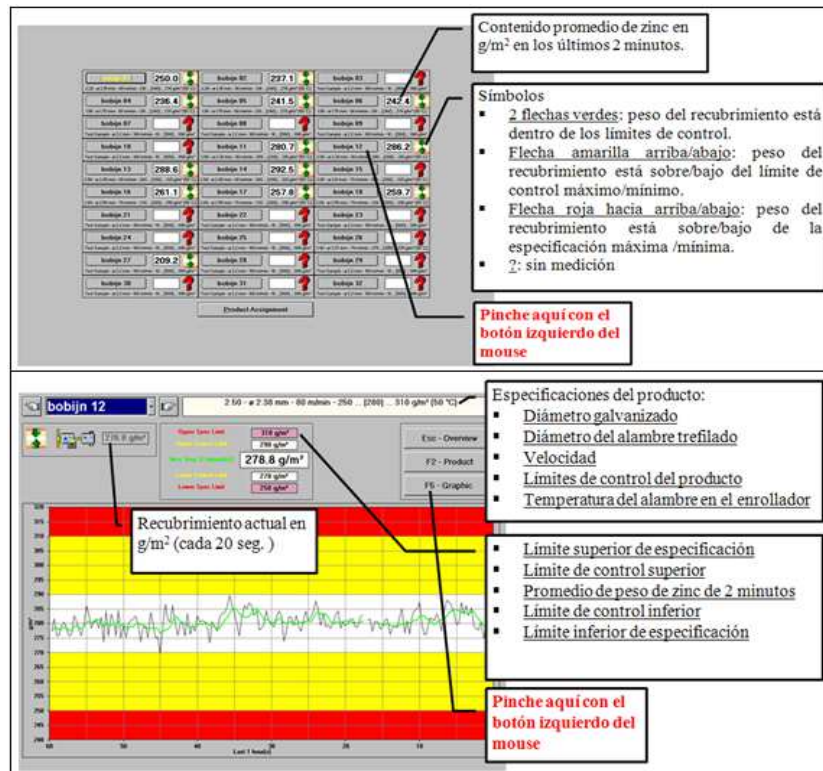


Figura 6.5. Grafica de control alambre 1.83mm.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

Se garantiza que la capa de zinc en el alambre es concéntrica, gracias al control automático, se puede observar en la figura 6.6.

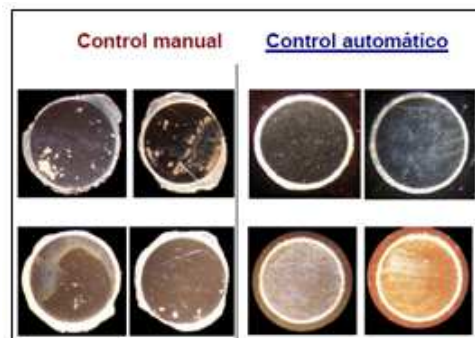


Figura 6.6. Capa de Zinc, Control Manual - Control Automático.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

- De los seis puestos actualizados se tomó una muestra de 177 datos, ver tabla 5.1, correspondiente a un tamaño de muestra de un periodo de un mes, con los siguientes resultados: desviación estándar de 15.19g/m², mínimo valor 196.1g/m², máximo valor 267.0 g/m², promedio de la muestra 245.3g/m², límite máximo 260 g/m², límite mínimo 240 g/m², en conclusión un proceso bajo control.

Estos resultados permiten predecir que cuando la propuesta esté totalmente instalada, se tendrá un control de proceso automatizado para la calibración del caudal de nitrógeno, manteniendo el porcentaje de dispersión por debajo de 30% de 70.62% antes de la actualización, y en condiciones controladas los valores de dispersión pueden alcanzar de 15.19 g/m² hasta 4.31g/m² de 51.37g/m² reportado en el análisis inicial, mejorando la capacidad del proceso.

Su principal resultado es la disminución del consumo de zinc al disminuir la dispersión y la cantidad de valores por encima de la especificación nominal, esto valores disminuyen de 25.98% a 5%, por condición del sistema DDK/DDD, cada vez que el comportamiento represente un punto fuera del proceso de control, el sistema se detiene con el fin de ajustar los parámetros de control y así garantizar que los valores de espesor de capa dentro de lo especificado.

La figura 6.7, ilustra las diferencias de las desviaciones estándar del control automático y el control manual con respecto a la meta establecida de la organización de 15 g/m².

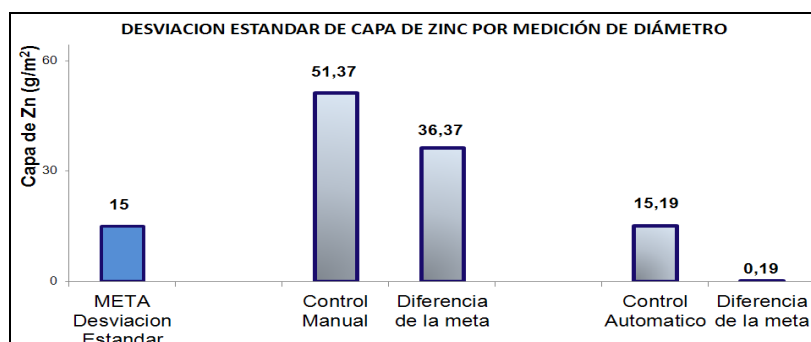


Figura 6.7. Diferencia desviación estándar, Control Manual - Control Automático.

Como parte de la propuesta, se elabora procedimiento para Calibración del sistema DDK/DDD con equipo off-line. Con el fin de reducir errores como: lectura al emplear boquillas sucias, alambre no concéntrico y residuos de zinc en equipo DDK. El cual se puede observar en la figura 6.8.

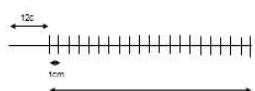
INSTRUCTIVO PARA CALIBRACIÓN DE PRODUCTO EN OFFLINE		
1. OBJETO: Establecer los pasos para la calibración de producto en el equipo off line 2. ALCANCE : Esta operación se debe realizar cuando se incluya dentro de los productos un nuevo alambón o proveedor 3. DEFINICIONES : 3.1. CALIBRACIÓN DE PRODUCTO : Es para encontrar la relación entre la señal emitida de conductividad con la cantidad de capa de zinc que tiene un alambre ferromagnético de acuerdo al grado de carbono y proveedor. 3.2. DDK : Módulo de medición del alambre 3.3. DDD: Este módulo es la unidad de procesamiento de los valores medidos provenientes del DDK 4. CONDICIONES GENERALES 4.1 La diferencia entre la impedancia de una bobina de vacío en comparación con una bobina de llenado se mide. 4.2 El modelo calcula el espesor de la capa multiplicado por un factor, para obtener un resultado final que refleja el peso de la capa del alambre en g / m² L		
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1. Tomar una posición en la línea de galvanizado, colocar una boquilla limpia, verificar que esté centrada la hebra y que no tenga movimiento la hebra		Área de calidad / Ing. de procesos
2. Subir de forma gradual en el panel view 600 el flujo aire/nitrógeno		Área de calidad / Ing. de procesos
3. Se toma una muestra por debajo del límite mínimo de control, cortar y graduar nuevamente para obtener una muestra en el nivel mínimo, cortar y graduar una muestra entre el nivel mínimo y el nivel de control, cortar y graduar entre el nivel de control y el nivel máximo de control, cortar y graduar una muestra por fuera del nivel máximo de control. La diferencia entre las muestras debe ser de aproximadamente de 30 g/m ² ó menos. En total son de 5 a 6 muestras.		Área de calidad / Ing. de procesos
4. Tomar una hoja y la marcamos con una línea a los 12cm inicialmente y después cada centímetro una línea hasta llegar a 20cm. Ver gráfico		Área de calidad / Ing. de procesos

Figura 6.8. Calibración del sistema DDK/DDD con equipo off-line.

6.1.2 Planteamiento de la mejora para diámetro de apertura:

El diámetro de apertura del alambre en el spider del banco devanador, no está contemplado como un elemento de control en la línea # 01, el problema es que si el diámetro de apertura de una vuelta de un alambre en el spider es menor a 22", se genera un efecto de movimiento de no lineal y al momento de devanar el spider, se mantiene a lo largo de la línea.

El alambre al salir de la tina de zinc, pasar por un dispositivo llamado Nozzle, el cual es un elemento para escurrir el exceso de zinc a través del flujo de aire o nitrógeno, este flujo sale de manera transversal y alrededor de

la hebra, y dependiendo de la presión de suministro que envíe el sistema DDK/DDD, le da el espesor de capa especificado.

Si el alambre produce el efecto de movimiento no lineal, se moverá internamente dentro de nozzle y no va permitir un acabado uniforme, y durante ese movimiento los valores de desviación estándar van a variar constantemente, ver figura 6.9, posiciones que adopta el movimiento del alambre dentro del nozzle por efecto de un diámetro de apertura cerrado.

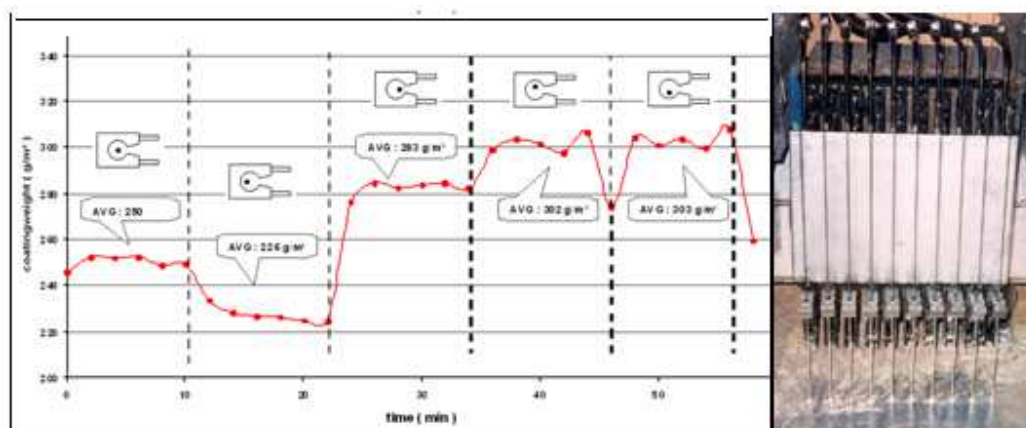


Figura 6.9. Capa de Zinc, Control Manual - Control Automático.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Con el fin de garantizar que los spider que llegan a la línea mantengan su especificación con respecto a los diámetros de apertura, se propone implementar un diagrama Poka-Yoke, la cual es una técnica para evitar los simples errores humanos en el proceso. La idea de esta herramienta es no permitir defectos en el material que entra en la línea y alcanzar cero defectos.

El Poka-YoKe, a implementar es un diagrama llamado Calmado, el cual debe estar a salida de la máquina del área de trefila que alimenta la línea #01, la función del diagrama es comparar el diámetro de apertura, con respecto a las especificaciones de proceso. Para ello, se debe cortar aproximadamente una vuelta de un alambre de diámetro de apertura de 22" y comparar con el diagrama. Ver figura 6.10. Si la apertura del alambre está en la zona verde es un calmado correcto, si la apertura del alambre está en la

zona blanca o superior es un calmado abierto y muy abierto, en su defecto si la apertura del alambre esta por en la zona roja, es un calmado cerrado.



Figura 6.10. Diagrama de Calmado del Alambre.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

El procedimiento es tomar una muestra al inicio del llenado de cada spider que sale de la máquina de trefila y chequearlo en el diagrama, si el diámetro está fuera del rango establecido, se procederá a tomar las correcciones respectivas hasta lograr el correcto calmado.

Adicionalmente, esta propuesta se propone montar un conjunto de rodillos tensionadores antes de la tina de zinc, con el fin de reducir el efecto que genera el alambre cuando no cumple con el calmado esperado y a su vez minimizar la vibración que se pueda generar producto de la distancia que recorre el mismo, ver figura 6.11.



Figura 6.11. Rodillos tensionadores.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

6.1.3 Planteamiento de la mejora para el diámetro del alambre trefilado:

El diámetro del alambre trefilado, varía constantemente debido al desgaste de la herramienta con que se trefila, en este caso son dados de trefilación, cuando el diámetro de salida supera el rango establecido se cambia la serie dados, el problema es que no se lleva un control sobre el desgaste de la herramienta; por lo tanto, no se cambió a tiempo la serie de dados, y genera diámetros fuera de especificación.

Para tener un criterio claro de cuando cambiar la serie de dados, se propone la implementación de gráficas de control por variable de tipo Xbarra-S, la cual se utiliza cuando la característica de calidad que se desea controlar es una variable continua. La ventajas es tomar decisiones en el proceso continuo, también es un esquema que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición y la desventaja es no notar este cambio antes que entre a la línea, ya que ocasionaría producto fuera de especificación.

Para la elaboración de las gráficas de control, se toman los diferentes rangos de diámetros que salen de las máquinas del área de trefila, los cuales se listaron para definir los intervalos de confianza de cada gráfico de control. Ver tabla # 6.1.

Tabla 6.1. Diámetros de entrada en la línea # 01.

TREFILA			
MAQUINAS	DIAMETRO NOMINAL (mm)	RANGO	
		MIN (mm)	MAX (mm)
BA-35	1,35	1,33	1,37
BA-36	1,44	1,42	1,46
BA-37	1,53	1,51	1,55
BA-38	1,61	1,59	1,63
BA-39	1,74	1,72	1,76

Con la información de la tabla # 6.1, se crearon las tablas de control de los diámetros en la entrada del banco devanador de la línea # 01, para el llenar las gráficas de control, el operario de la máquina de trefila, debe tomar el diámetro del alambre en tres posiciones del spider, en la parte inferior, en

la parte media y otro en la parte superior, con estos tres valores medidos, los promedia y los introduce en la gráfica de control por spider. Ver figura 6.12.

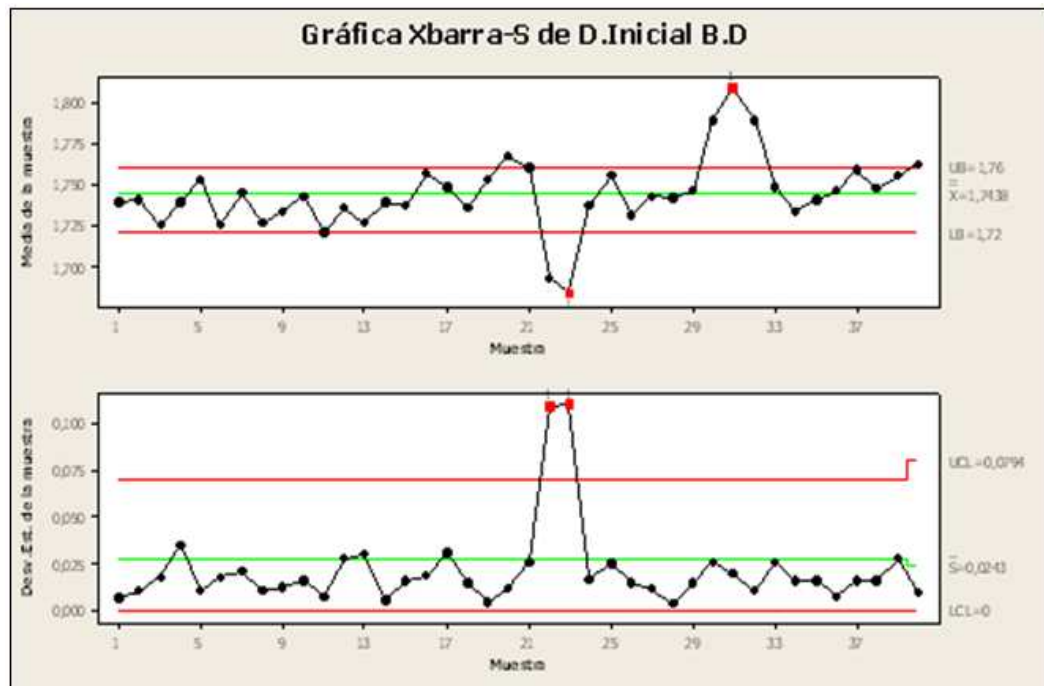


Figura 6.12. Gráfico de Control Xbarra-S, para diámetro entrada 1.74mm.

Con base en la información obtenida se hará el seguimiento correspondiente y se debe decidir sobre las siguientes acciones:

A) Si los registros demuestran que el proceso está dentro de control, según rangos establecidos en la tabla 6.1:

- Continúe sin hacer cambios significativos.

B) Si los registros demuestran que el no proceso está dentro de control, según rangos establecidos en la tabla 6.1:

- Sacar spider de circulación e investigue que condición está la serie de datos.

- Si la serie de dados está muy desgastada y los diámetros de salida superan la especificación, se debe cambiar la serie.
- Tome las acciones necesarias para informar sobre la condición del spider con el fin de reorientar hacia otro puesto o reproceso del mismo.
- Realice seguimiento para asegurarse que los cambios efectuados en la máquina, hayan tenido efectos positivos y que se hayan eliminado las causas de las variaciones en el proceso.

6.1.4 Planteamiento de la mejora propuesta para la velocidad de los alambres en la línea.

La línea # 01, cuenta con una serie de 40 puestos de cajas reductora que permite halar el alambre desde los puestos de banco devanador hasta el banco enrollador, estas cajas son motorizadas con motores que gradúan su velocidad a través de variadores de frecuencia, normalmente estas velocidades no se alteran, pero por especificación de algunos cambio de proceso de Jet Wiping a Carbón, modifican las velocidades y cuando regresan con el proceso normal Jet, no corrigen velocidades.

Tomando en cuenta que las velocidades de los motores son de la misma potencia, la relación de transmisión de las cajas reductoras son todas iguales, que se puede graduar las velocidades a través de variadores de frecuencia para que los 40 puestos de la línea trabajen a las mismas velocidades, y que hay disponibilidad de variadores de frecuencia para regular la velocidad de cada puesto. Se elaboró la siguiente tabla donde se define las velocidades que deben correr en todos los puestos y los ajustes de proceso que se deben considerar para cada diámetro, ver tabla 6.2.

Tabla 6.2. Velocidades para los diámetros de salida de la línea.

GALVANIZADO					
DIAMETRO NOMINAL (mm)	RANGO		VELOCIDAD (m/min)	NOZZLE	CAPA ZN (g/m ²)
	MIN (mm)	MAX(mm)			
1,44	1,4	1,47	95	NC 7	220
1,54	1,5	1,57	95	NC 7	240
1,6	1,58	1,65	95	NC 7	240
1,7	1,66	1,75	95	NC 9	240
1,83	1,78	1,87	95	NC 9	240

Con esta tabla ya definida, la propuesta es comprobar todas las semanas las velocidades de los puestos, esta frecuencia se determinó semanal, ya que los cambio de proceso que afectan las velocidades de los puestos, se hacen semanalmente y no diario.

La lista de chequeo de velocidades debe realizarse los días lunes al inicio de la semana por parte del guía de línea del banco enrollador de la línea # 01. Ver tabla 6.3.

Tabla 6.3. Chequeo de velocidades.

GALVANIZADO (VELOCIDAD DE OPERACIÓN 95 m/min)							
PUESTO	VELOCIDAD (m/min)	PUESTO	VELOCIDAD (m/min)	PUESTO	VELOCIDAD (m/min)	PUESTO	VELOCIDAD (m/min)
1		11		21		31	
2		12		22		32	
3		13		23		33	
4		14		24		34	
5		15		25		35	
6		16		26		36	
7		17		27		37	
8		18		28		38	
9		19		29		39	
10		20		30		40	

En el caso que algún puesto no corresponda la velocidad de 95m/min, reportada en la tabla 6.3, se debe llamar al ingeniero de proceso para graduación y fijación de la misma, de presentar alguna falla, reportar inmediatamente a mantenimiento a través de una orden de trabajo.

6.1.5 Planteamiento de la mejora para temperatura de la tina de zinc.

La temperatura de la tina de zinc es un elemento importante en la fabricación de alambre galvanizado, debe cumplir con un rango adecuado a la carga térmica que tenga la línea, y mantener el proceso estable para una productividad continua. El problema es que cualquier variación de temperatura de la tina de zinc por debajo del rango permitido, produce el incremento de desperdicio, a través del aumento de espesores de capa y contribuye a la generación de escoria en la superficie de la misma.

Con el fin de mantener una temperatura uniforme y constante dentro del horno de la tina de zinc, se propone implementar un formato de control y seguimiento de las temperaturas por turno de operación, de manera de atender a tiempo cualquier variación que se presente cuando se apague un quemador, se adicione zinc a la tina, se realice el proceso de escoria o cuando se aumente la carga térmica.

Para tal control y seguimiento, se elabora el formato de registro de temperaturas de la tina de Zinc para monitorear comportamiento, lo debe llenar el operario guía de línea cada arranque de turno, ver figura 6.13.

Control de Procesos Líneas: Temperatura Tina de Zinc

Semana del / / al / /

TEMPERATURA TINA DE ZINC (°C)																												
457																												
456																												
455																												
454																												
453																												
452																												
451																												
450																												
449																												
448																												
447																												
446																												
445																												
444																												
443																												

Turno	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado			Domingo		
N° Ficha																					

OBSERVACIONES

Figura 6.13. Formato de registro de temperaturas de la tina de Zinc.

Las observaciones reportadas del guía de línea en el formato 6.13, debe ser canalizadas de inmediato a través del coordinador de producción que esté de guardia en ese turno, ya sea ajustando los parámetros de control de la tina o ajustando el proceso, en el caso de presentar una falla en alguno de los quemadores del horno, debe pasar la novedad a través de una orden de trabajo a mantenimiento.

6.2. MEJORAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SEIS SIGMA ESBELTA PARA EL ANÁLISIS DEL ESCORIADO:

6.2.1 Planteamiento de la mejora para carga de las hebras:

Se llama carga de hebra a la acción de sumergir alambres de un puesto a la tina de zinc o de arrancar un puesto, la carga de las hebras es la principal causa de la formación de escoria en la tina.

La escoria se forma producto de la reacción química que hace el alambre al entra a la tina de zinc, el alambre pasa por la tina de flux para generar un recubrimiento necesario en la adherencia de la capa de zinc.

En el momento que entra al zinc con la capa seca de flux, se genera una reacción química y el HCl que es parte del flux, limpia la hebra y también la superficie del zinc que esté oxidada para que el zinc se adhiera.

Por lo tanto se entiende como escoria, al proceso de solidificación del zinc por efecto del contacto con el flux líquido, oxígeno y vermiculita que se usa para el aislamiento de la tina. En la siguiente figura se observa una representación de cómo es la reacción. Ver figura 6.14

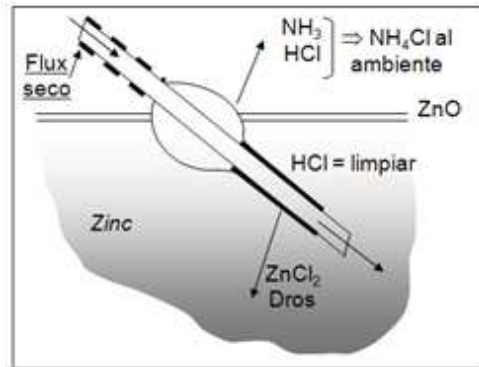


Figura 6.14. Formación de Escoria.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

El sistema de extracción de escoria, se le llama escoriado y lo realiza el operario con una pala de dos metros de largo con agujeros huecos, la cual la sumerge en la tina de zinc y luego la levanta para sacar la escoria desde la tina hasta la tolva de desperdicio, haciendo movimientos ergonómicamente inadecuados, ver figura 6.15 herramientas para el sistema de extracción de escoria.



Figura 6.15. Herramientas para el sistema de extracción de escoria.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Para esta causa se propone rediseñar el sistema escoriado de extracción de zinc y crear procedimiento para realizarlo. En base a las

observaciones detectadas y del método de trabajo inadecuado ergonómicamente, se plantea:

- A. Rediseñar el herramental que se usa en el sistema de escoriado, este diseño consiste en crear una bandeja y un rastrillo metálico, que permita escurrir el zinc duro antes de que llegue a la tolva de desperdicio, dejando regresar el zinc líquido sobre la superficie de la bandeja hasta la tina.

El proceso de halar el rastrillo desde la tina se facilita, ya que no hay que levantar el peso, sino que se desplaza y escurre el zinc cuando se está sacando de la tina para la tolva de reciclaje desecho. El diseño de la bandeja y el rastrillo se puede observar en la siguiente. Figura 6.16.



Figura 6.16. Diseño de bandeja y rastrillo metálico.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

- B. Crear procedimiento para realizar el nuevo proceso de escoriado, reposa en la organización, bajo el número IT-7-037, en el sistema de información Qweb. Ver figura 6.17.

TÍTULO: ESCORIADO DE LA TINA DE ZINC		CÓDIGO: IT-7-037	
UNIDAD: G.U. OPERACIONES	FECHA		Nro. Rev.
	EMISION 15/08/13	REVISION 24/10/14	2

Pág. 1 de 3

Antes de ejecutar el procedimiento se deben seguir las siguientes Medidas de Seguridad:

1. Colóquese el Equipo de Protección Personal obligatorio en el área:



Lentes de Seguridad



Guantes de Camaza



Botas de Seguridad



Protección Auditiva



Casco de Seguridad



Delantal de camaza



Protección Respiratoria

2. Consulte la Notificación de Riesgo de "Lineas Continuas", para considerar los **Riesgos Asociados** que se mantienen presente durante la ejecución del procedimiento.

ACCIONES	REFERENCIA VISUAL
1. AGREGA BARROTES DE ZINC HASTA QUE LA TINA ALCANCE EL NIVEL SEGUN DISPOSITIVO GUÍA.	
	

Figura 6.17. Procedimiento para realizar el nuevo proceso de escoriado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013).

El nuevo procedimiento de escoriado, contempla aspectos de seguridad y posiciones ergonómicas adecuadas para el proceso de escoriado, el dispositivo disminuyó el tiempo empleado por el operario de 45min a 20min debido a que la repetitividad de la actividad no lo fatiga.

6.2.2 Planteamiento de la mejora para succionador de flux.

El succionador de flux es un sistema que está compuesto por un cajón de succión, una turbina de succión y el sistema de tuberías; se encuentra después de la tina de flux y antes de la entrada a la tina de zinc, su función es succionar el flux líquido que trae el alambre después de pasar por el flux,

su cajón de succión tiene unos valles o canales que favorecen la succión, el objetivo es que el alambre salga lo más seco posible. Ver figura 6.18.



Figura 6.18 Succionador de Flux.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

La dificultad que presenta el sistema son los constantes paros porque el cajón de succión se tapa con lodos y restos de partículas que traen los alambres, por lo tanto deja de funcionar ocasionando que los alambres pasen mojados a la tina y generen grandes cantidades de escoria.

Para solventar deficiencia en el sistema de succionador de flux se propone implementar herramientas de TPM (mantenimiento productivo total), El TPM es un enfoque innovador que optimiza la efectividad del equipo y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios. La meta del TPM es obtener cero averías y cero defectos. Al eliminar éstas, los rendimientos de operación del equipo mejoran, los costos se reducen y la eficiencia del personal aumenta. Esta propuesta contiene:

- A. Adiestramiento del personal: se dará una instrucción de cómo realizar mantenimiento autónomo al equipo, así como el entrenamiento completo en TPM para aumentar las capacidades y destrezas del operador en las distintas actividades que labora. Este adiestramiento se realiza a través de un curso formal y programado con gestión humana, enfocado hacia la

mejora de su puesto de trabajo, ver tabla 6.4, cada grupo de rotación, A, B y C, dispondrán de una semana para entrenamiento.

Tabla 6.4. Velocidades para los diámetros de salida de la línea.

Programa de Inducción del Personal en TPM			
Personal	Abril 2014		
	Semana del 3 al 7	Semana del 10 al 14	Semana del 17 al 21
Mecánico Grupo A	X		
Eléctrico Grupo A	X		
Guía de línea Grupo A	X		
Operario I Grupo A	X		
Operario II Grupo A	X		
Mecánico Grupo B		X	
Eléctrico Grupo B		X	
Guía de línea Grupo B		X	
Operario I Grupo B		X	
Operario II Grupo B		X	
Mecánico Grupo C			X
Eléctrico Grupo C			X
Guía de línea Grupo C			X
Operario I Grupo C			X
Operario II Grupo C			X

B. Mantenimiento autónomo: identificación del operario con el equipo operativo para alargar vida útil del mismo, y se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, se establece algunas actividades propias que debe hacer tales como:

- Inspección del sistema, observar que los valles estén succionando y que las correas de la turbina estén trabajando.
- Limpieza del cajón de succión, con una manguera con aire soplar la parte superior para quitar restos y destapar orificios del cajón.
- Verificar que el sistema de tuberías no tenga fugas, si hay una abrazadera dañada, cambiarla.

- Prevenir contaminación de flux al suelo en caso que el cajón de succión este tapado o la tubería de rebose este obstruida.
- En caso de observar un daño mayor, reportar a través de una orden de trabajo a mantenimiento. Ver figura 6.19

Figura 6.19. Orden de trabajo.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

C. Mantenimiento planificado: se establecer un programa de mantenimiento preventivo, donde se define una serie de actividades programadas de mejoras, prevención y predicción, con el fin de obtener cero paros del sistema de succión, este plan lo ejecuta el personal de mantenimiento mecánico y eléctrico, las actividades que se definen son las siguiente, ver tabla 6.5.

Tabla 6.5. Plan de mantenimiento preventivo del succionador de Flux.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SUCCIONADOR DE FLUX			
Componente	Actividad	Frecuencia	Responsable
Turbina de Succión	Limpieza de Carcaza de turbina	Mensual	Mecánico
	Inspeccionar que las correas no estén deslizando	Bimestral	Operario
	Cambiar correas	Bimestral	Mecánico
	Chequear el aislamiento del motor	Bimestral	Eléctrico
	Cambio de Rodamientos	Semestral	Mecánico
	Verificar estado del Impeler	Semestral	Mecánico
	Verificar nivel de vibración	Semestral	Mecánico
	Cambio de Rodamientos	Anual	Mecánico
Sistema de Tuberías de Succión y Desagüe	Verificar que no existan fugas	Semanal	Operario
	Verificar estado de abrazaderas de conexión	Semanal	Mecánico
	Chequear que la tubería de desagüe este destapada	Mensual	Mecánico
	Verificar fijación de tuberías	Mensual	Mecánico
Cajón de Succión	Limpiar piedras de succión, valles destapados	Diario	Operario
	Verificar que la toma de succión no este tapada	Diario	Operario
	Limpiar cajón de succión	Semanal	Operario
Estructura de soporte del Succionador	Limpieza de estructura	Bimestral	Mecánico
	Pintura de estructura	Semestral	Mecánico

Se debe realizar una revisión de los programas de producción, para adecuar y negociar las necesidades del departamento de mantenimiento con la disponibilidad del equipo.

6.2.3 Planteamiento de la mejora para la adición de zinc:

La adición de zinc es un proceso que consiste en reponer el nivel de zinc líquido dentro de la tina con lingotes de 25kg, este proceso de restaurar el nivel es muy forzado para el operario porque debe levantar este peso desde el piso y luego empujarlo hasta la tina, lo que ocasiona que se genere escoria por efecto de introducir los lingotes a temperatura ambiente y de no meterlo suavemente, igualmente se genera un tiempo considerable para realizar actividad producto de las malas y repetitivas posturas que debe tener el operario al momento de reponer el nivel, finalmente introducir lingote a temperatura ambiente puede generar un impacto importante en la temperatura si se adiciona más de 36 lingotes.

Tomando en cuenta el efecto de sumergir lingotes dentro de la tina de manera inadecuada, y del tiempo que dura la actividad; Se propone el uso del SMED (*Single-Minute Exchange of Die*), como una herramienta de reducción del tiempo de preparación de máquinas a través de mejoras ergonómicas, donde las operaciones de preparación son de dos tipos fundamentales:

1. Preparación interna: son actividades que no pueden hacerse mientras el operario está pendiente de las hebras, se definen dos actividades:
 - a. Montar o cargar lingotes de zinc desde el suelo hasta los laterales de la tina, actividad tiene una duración de aproximadamente 15 segundos por lingote, y debe montar 36 lingotes, tarda en promedio 10 minutos en montar todos los lingotes en la tina.
 - b. Adicionar lingotes desde los laterales hasta el centro de la tina, actividad tiene una duración de 10 segundos y adiciona 36 lingotes, la duración promedio para todos los lingotes es de 6 minutos.

El tiempo total de preparación interna es de 20min, incluyendo el descanso del operario por malas posturas ergonómicas.

2. Preparación externa: son actividades que pueden realizarse cuando la máquina está en operación, a continuación se define una actividad:
 - a. Colocación del atado de 36 lingotes al lado de la tina por parte del montacargas.

La propuesta de mejora consiste en transformar las actividades de preparación interna en actividades externas, para disminuir el tiempo y presentar una mejora para la actividad:

Para transformar la actividad de cargar lingotes de zinc desde el suelo hasta los laterales de la tina definida en la preparación interna a una actividad externa, se propone instalar una mesa giratoria de nivelación, que gradúe la altura de los lingotes a la altura de los laterales de la tina y gire para permitir la toma del lingote.

Adicionalmente, para disminuir el tiempo de la actividad de adicionar lingotes desde los laterales hasta el centro de la tina, se propone el montaje de un brazo mecánico para que los lingotes que se van añadir a la tina se haga de manera segura y bien dosificados, ya que afecta la temperatura de la tina y genera escoria. El diseño inicial tomado de otra planta del grupo, se puede observar en la figura 6.20.



Figura 6.20. Mesa giratoria de nivelación y brazo mecánico de dosificación.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Al implementar la mejora se logra: reducir el tiempo total en la adición de zinc de 20 minutos a 6 minutos, y permite precalentamiento de los lingotes de zinc con mayor tiempo. El procedimiento para realizar el nuevo proceso de adición de zinc, reposa en la organización, bajo el número IT-7-038, en el sistema de información Qweb.

6.2.4 Planteamiento de la mejora para material reciclado de zinc.

El desperdicio de Zinc, producto de la extracción de zinc duro y de la escoria de la tina, es llevado a un área de desecho peligroso, para ser acumulado hasta venderlo a proveedores que reciclan el zinc, la estrategia hasta el momento es de solo vender este material y recuperar un porcentaje de ese material en dinero.

En vista de la oportunidad que existe de reciclar este insumo, se elabora una propuesta que consiste en:

- A. Realizar una reunión con el proveedor para finiquitar nueva estrategia y logística de reciclado y retorno de zinc procesado.
- B. Solicitar al proveedor que recicle los desperdicios del zinc y lo devuelva a planta en presentación de lingotes de 25kg.
- C. Los desperdicios de zinc escoriado y zinc duro, se deben recuperar lo mejor que se pueda dentro de planta, para reciclar la mayor cantidad posible y reusar el zinc reciclado en los procesos de producción. Ver figura 6.21.



Figura 6.21. Zinc reciclado.

Fuente: Departamento de Galvanizado. Vicson S.A. (2013)

Reciclar zinc es una nueva filosofía de ahorro de insumos que se plantea implementar a otros insumos de producción.

6.3. IMPACTO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA:

En esta etapa, se realiza la evaluación técnica y económica de las propuestas de mejora, ya que a través de ella se determina cuan rentable y beneficiosa será su futura implementación.

6.3.1 Evaluación técnica:

Se realiza un análisis de la implementación de las mejoras planteadas con respecto a los requerimientos necesarios para cada una de las causas y las adecuaciones que deben realizarse en las máquinas y equipos para las mismas, donde cada requerimiento es evaluado con el ingeniero de proceso y el guía de línea para evaluar ejecución con respecto alcance establecido, ver tabla 6.6.

Tabla 6.6. Requerimientos y Adecuaciones para mejora de las Causas.

	SEIS SIGMA					LEAN MANUFACTURING			
	Calibración del Caudal de Nitrógeno (g/m ²)	Diámetro de Apertura (pulgadas)	Diámetro del Alambre Trefilado (mm)	Velocidad de los Alambres (m/min)	Temperatura de la Tina (°C)	Carga de las Hebras (duración en min)	Succionador de Flux	Adición de Zinc (duración en min)	Reciclado de Zinc (toneladas)
Requerimientos de máquinas y equipos	Sustitución del sistema DDK-100 / DDD-000 por el sistema DDK-502 / DDD-500. En 34 puestos.	Fabricación de 6 Diagramas de Calmado y Montaje de conjunto de rodillos tensionadores antes de la tina de zinc.	-	Unificar las velocidades a través de los variadores de frecuencia.	-	Fabricación y montaje de una Bandeja de escurrido y un Rastrillo.	-	Fabricación y montaje de una Mesa giratoria de nivelación y Brazo mecánico.	-
Acondicionamiento de las máquinas y equipos	Uso del nuevo Procedimiento para la Calibración del sistema DDK/DDD con equipo off-line.	Aplicar el procedimiento para Diagramas de Calmado.	Emplear Gráficas de control por variable de tipo Xbarra-S.	Emplear la lista de chequeo de velocidades.	Aplicar de formato de control y seguimiento.	Uso del nuevo procedimiento de trabajo.	Aplicar de Mto Preventivo.	Uso del nuevo procedimiento de trabajo.	-

El personal responsable de las operaciones de la línea, luego de realizar acciones con respecto a cada una de las propuestas, validaron la implementación; por lo tanto, se procedió a establecer los parámetros deseados, a través de la tabla resumen donde muestra los valores de la situación actual y los valores esperados después de la mejora de cada una de las causas, la cuales fueron detectadas a través de los análisis de Seis Sigma y Manufactura Esbelta. Ver tabla 6.7.

Tabla 6.7. Tabla Resumen de la mejoras de las Causas con Manufactura Esbelta.

	Alambre 1.83mm			SEIS SIGMA					LEAN MANUFACTURING			
	Promedio de la capa de zinc (g/m ²)	Desviación estándar de la capa de zinc (g/m ²)	Consumo de Zinc (kg/TN)	Calibración del Caudal de Nitrógeno	Diámetro de Apertura (pulgadas)	Diámetro del Alambre Trefilado (mm)	Velocidad de los Alambres (m/min)	Temperatura de la Tina (°C)	Carga de las Hebras (duración en min)	Succionador de Flux	Adición de Zinc (duración en min)	Reciclado de Zinc (toneladas)
Situación Actual	246,92	51.37	38,4	Control Manual	<22	1,71-1,78	86-90-92-94-95	441-451	45	No hay programa de Mantenimiento	20	0 TN Sin reciclado
Situación Esperada	< 245	< 30	< 33	Control Automático	22	1,74	95	450	20	Disminución de paradas con TPM	6	Reciclado el 50% de las TN del zinc vendido

En la tabla 6.7, se muestra los valores esperados después de la mejora, como se puede apreciar en la calibración de caudal de nitrógeno, los niveles de desviación estándar de la capa de zinc, pueden disminuir hasta 15.19g/m², valores por debajo de lo esperado de 30g/m² después de automatizar el proceso; también se observaron valores cercano a lo esperado con respecto al promedio de capa de 245.3g/m².

El diámetro de apertura se unificó a 22 pulgadas, este cambio se dio gracias a que se colocaron los diagramas de calmado en cada una de los puestos de trabajo. El diámetro del alambre trefilado definido en 1.74mm, la velocidad del alambre unificado en 95m/min, la temperatura de la tina especificada en 450°C, se controlan dentro de lo esperado con el seguimiento y monitoreo de los diferentes formatos y graficas establecidas.

Por otro lado, se espera disminuir el tiempo de carga de las hebras de 45min a 20min, con nuevos dispositivos que faciliten las operaciones más seguras y rápidas, uno de los problemas era la mala postura de operarios y los movimientos repetitivos que realizaba no ergonómicamente.

El reciclado de zinc, si bien es cierto, no es una mejora del proceso como tal, sino que es una mejora para recuperar el zinc escoriado, forma parte fundamental en la investigación, ya que se recupera gran parte de zinc que antes no retornaba al sistema; gracias a esto, se pueden realizar otras estrategias con respecto a la compra del este insumo.

En el resumen de la tabla 6.6, se observa que no existe ningún tipo de inconveniente técnico o barrera que no permita la implementación de las mismas, cada una de las propuestas representa una mejora en sus valores y busca disminuir las causas detectadas que generan un alto consumo de zinc en la línea.

6.3.2 Evaluación económica:

Con las propuestas presentadas de cada una de las causas, se estima los costos de los requerimientos de las máquinas, personal y equipos, luego de cuantificar el monto de dichas mejoras, se estudian los aspectos más resaltantes, con el fin de realizar una evaluación económica del proyecto.

En la Tabla 6.7, se mostró un resumen de las mejoras determinadas en la fase de análisis utilizando Seis Sigma y Manufactura Esbelta, dando como resultado una situación esperada con la implementación de las mismas, a estas mejoras se calculan los costos para tener un estimado de inversión con respecto a máquinas, personal y equipos. Ver tabla 6.8.

Tabla 6.8. Tabla de los costos de máquinas, personal y equipos.

Costos en requerimientos de máquinas, personal y equipos				Inversión (BsF)	Inversión (\$)
Mejora	Componente	Cantidad	Precio (BsF)	Total	Total
Calibración del Caudal de Nitrógeno (g/m ²)	Dispositivo DDK-502.	40	4.000	160.000	15.238
	Dispositivo DDD-500.	40	8.000	320.000	30.476
	Montaje y puesta a punto.	40	2.500	100.000	9.524
Diámetro de Apertura (pulgadas)	Fabricación y montaje de Diagrama de Calmado.	6	3.000	18.000	1.714
	Montaje de rodillos tensionadores	40	6.000	240.000	22.857
Carga de las Hebras (duración en min)	Fabricación y montaje de Bandeja de escurrido.	1	6.000	6.000	571
	Fabricación de un Rastrillo.	1	2.000	2.000	190
Adición de Zinc (duración en min)	Fabricación y montaje de Mesa giratoria de nivelación.	1	35.000	35.000	3.333
	Fabricación y montaje de Brazo mecánico.	1	22.000	22.000	2.095
Velocidad de los	Unificar velocidades de variadores de velocidad	40	600	24.000	2.286
Succionador de Flux	Capacitación y entrenamiento del Personal en TPM	15	3.500	52.500	5.000
Diámetro del Alambre	No requiere.	0	0	0	0
Temperatura de la Tina	No requiere.	0	0	0	0
Reciclado de Zinc	No requiere.	0	0	0	0
				979.500	93.286

En la tabla 6.8, se muestra la inversión requerida para implementar todas las mejoras Seis Sigma Esbelta, con un total de 979.500 Bolívars Fuertes que representa un total de 93.286 dólares, los costos de capacitación son tomados de fundametal, que es una organización proveedora de soluciones a la medida del cliente en el área de formación y desarrollo del talento humano, con más de 36 años de trayectoria nacional. Los costos de los dispositivos DDK y DDD son obtenidos del proveedor Bekaert que suministra el sistema, ver anexos, los demás costo son referencia de proveedores internos de la empresa.

Los costos de inversión son asociados al 88% perteneciente a Seis Sigma y 12% a Manufactura Esbelta de costo total de inversión. Por otro lado, las mejoras propuestas contribuyen significativamente con la reducción del consumo de zinc, además, va a permitir reducir las paradas de máquinas y el tiempo debido a la implementación del TPM.

El costo promedio del zinc es de 3 \$/kg. La línea consume actualmente 79.064kg de zinc mensual, considerando un promedio de la capa de 246.72g/m² y una velocidad de 92m/min. Sin embargo, las mejoras propuestas van a permitir reducir la capa a 245g/m² a una velocidad de 95m/min.

Esta reducción de la capa de zinc va a disminuir el consumo de zinc de 38.44kg/TN a 33.19kg/TN e incrementar la producción de alambre galvanizado en un 2%. Se estima un ahorro en el consumo de zinc de 2.039kg/mes, considerando un precio de 3 \$/kg de zinc, entonces el ahorro en el consumo de zinc estimado sería de 6704.55 \$/mes, Ver tabla 6.9, de ahorro de zinc esperado.

Tabla 6.9. Ahorro de zinc esperado.

	LINEA # 01							
	Promedio de la capa de zinc (g/m ²)	Desviación estándar de la capa de zinc (g/m ²)	Consumo de Zinc (kg/TN)	Producción de alambre galvanizado (TN/mes)	Consumo de zinc mensual (Kg)	Ahorro consumo de zinc mensual (kg)	Ahorro consumo de zinc mensual (BsF)	Ahorro consumo de zinc mensual (\$)
Situación Actual	246,92	51.37	38,4	2.159	79.064	-	-	-
Situación Esperada	< 245	< 30	< 33	2.197	77.025	2.039	71.370	6.797

Al analizar las consecuencias que generan la propuesta, de manera de tener una buena relación con respecto al Costo – Beneficio de las mejoras planteadas, se elabora una tabla para estimar el tiempo de retorno de la inversión y tiempo estimado para generar ganancias, ver tabla 6.10, tabla de retorno de inversión.

Tabla 6.10. Tabla de retorno de inversión.

MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
INGRESO DE LA MEJORA (\$)		6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797	6.797
EGRESO DE LA INVERSIÓN (\$)	93.286	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	6.663	5.057
FLUJO NETO (\$)	-93.286	134	268	402	536	669	803	937	1.071	1.205	1.339	1.473	1.607	1.740	0

Con el ahorro que se presenta, se proyecta cuantos meses se puede recuperar la inversión, el cual se estima que después de 14 meses, se pagaría por completo la inversión inicial y a partir del año y dos meses se estaría considerando como ganancia las mejoras presentadas.

6.3.3 Evaluación operativa:

La evaluación operativa se refiere a todos los recursos donde interviene el proceso, depende de los recursos humanos que participan durante la operación del proyecto, para nuestro caso en discusiones con el Ingeniero de proceso se determina que el personal de la línea es suficiente para lograr el objetivo y no se requiere de más personal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el proceso de investigación y cumplidas las fases que lo respaldan, se considera oportuno representar las siguientes conclusiones:

Conclusiones:

Con las mejoras de Seis Sigma Esbelta se logra disminuir la capa de zinc de 246,92g/m² a valores de 245 g/m². La desviación estándar se reduce de 51,37g/m² a 30g/m², y el consumo de zinc en kilogramos disminuye de 38,4 a valores por debajo de 33.1 kilogramos por tonelada producida.

Se estableció nuevas condiciones de proceso tales como: El diámetro de apertura del alambre se unificó a 22 pulgadas, El diámetro del alambre trefilado definido en 1.74mm, la velocidad del alambre unificado en 95m/min, la temperatura de la tina especificada en 450°C, se controlaran con el seguimiento y monitoreo de diferentes formatos y graficas establecidas.

Se disminuirá el tiempo de carga de las hebras de 45min a 20min, con nuevos dispositivos que facilitaran las operaciones más seguras y rápidas; así como también se disminuirá los tiempos de paro de las maquina con la implementación de TPM y disminuir el tiempo de adición de zinc con el uso de SMED de 20min a 6min.

La reducción de la capa de zinc va a disminuir el consumo de zinc de 38.44kg/TN a 33.19kg/TN e incrementar la producción de alambre galvanizado en un 2%. Se estima un ahorro en el consumo de zinc de 2.039kg/mes, considerando un precio de 3 \$/kg de zinc, entonces el ahorro en el consumo de zinc estimado sería de 6704.55 \$/mes.

Al revisar los requerimientos operativos y técnicos para implementar las mejoras se observa que no hay inconveniente en las adecuaciones necesarias para cada una de las propuestas.

Finalmente, el proyecto de Seis Sigma Esbelta, tiene una inversión de 93,286 dólares y genera un ahorro anual de 81,564 dólares. Se concluye que el proyecto es factible dado que el ahorro de zinc es de 2,039 kilogramos por tonelada.

Recomendaciones

Con base en las conclusiones anteriormente expuestas y a las necesidades básicas determinadas a través de este estudio, se presentan como recomendaciones, las siguientes:

Considerar las propuestas diseñadas en esta investigación, con el propósito de reducir el consumo de zinc de la línea # 01 en el área de líneas continuas de la empresa Vicson. S.A.

Para las mediciones no se deben tener en cuenta los arranques del alambre, esto desvía los valores estadísticos del sistema, los valores a tomar en cuenta son aquellos que se generan cuando el alambre toma velocidad de proceso, es decir 95m/min.

El sistema DDK/ DDM es una excelente medida de control automático, siempre y cuando el procedimiento de calibración se lleve a cabo adecuadamente cada vez que se cambie la materia prima.

Realizar experimentos similares con otros tipos de producto con diferente tipo de diámetro, por ejemplo para el alambre galvanizado del proceso Pad.

Elaborar y actualizar los procedimientos de trabajo. Además, elaborar un plan para la formación de instructores. Es decir, operarios seleccionados y capacitados para que sean los encargados de enseñar las buenas prácticas y procedimientos de trabajo al personal nuevo.

Realizar un seguimiento al programa de mantenimiento, sobre todo en los rodillos tensionadores que permiten disminuir la vibración del alambre.

Realizar auditorías internas de 5S (trimestral) con la participación de los gerentes de la organización. Además, de una capacitación anual por una consultora externa. Esto permitirá el involucramiento y concientización de toda la organización en el orden y la limpieza.

Formar un equipo multidisciplinario orientado a ejercer un plan de acción concerniente al rediseño de los puestos de trabajos considerados

como los más críticos en cuanto a condiciones disergonómicas se refiere. Incluyendo el área de trefila.

Establecer los mecanismos pertinentes para la capacitación del personal ante la aplicación del proyecto de aplicación de seis sigma.

Ubicar físicamente los manuales e instructivos de los procesos que se llevan a cabo en el área de línea, de modo que sean accesibles de forma permanente a todo el personal.

La herramienta metodológica de Seis Sigma Esbelta, y las diferentes técnicas de mejora continua de los procesos, integran un instrumento útil para visualizar las pérdidas y los desperdicios, también ofrece una orientación en la eficacia de su reducción. Esta herramienta no solo supone un mejoramiento de la calidad de los productos, sino también un mayor involucramiento de las relaciones entre empleador y gerentes de los procesos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baharona, L. y Navarro J. (2013). **Mejora del proceso de galvanizado de una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma**. Trabajo de grado de Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Barnala, P. (2011). **Optimización de los parámetros de funcionamiento de una planta de recuperación de materiales utilizando Técnicas de Lean Six Sigma**. Trabajo de grado de la Universidad de Toledo. Estados Unidos.
- Bekaert. (2001). **Manual de procesos de galvanizado**. Bélgica.
- Cadenas, J. (2010). **Propuesta de mejora de la Calidad del Software Bajo el Enfoque de Manufactura Esbelta**. Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo. Venezuela
- Carreira, B. y Trudell, B. (2006). **Lean Six Sigma That Works**. Editorial Amacom. Estados unidos.
- Carreras, M. M. y García, S. J. (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**, Editorial Días Santos, España 2010.
- Contreras, A. V. y Cota, G. E. (2007). **Conceptos y reglas de Lean Manufacturing**. Editorial Limusa, México.
- Devane, T. (2004). **Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations**. Editorial Pfeiffer. Estados unidos.
- Febres, L. (2007). **Propuesta para reducir los tiempos de preparación de las bases color automotrices en Dupont Performance Coatings Venezuela**, Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo, Venezuela.
- George, L. S. (2011). **Lean 6 σ Terms and Definitions**. Editorial Soarent. Australia.
- Groover, M. P. (1997). **Fundamentos de manufactura Moderna, Materiales, procesos y sistemas**. 1ª Edición, Editorial Pearson, Prentice Hall. México.

- Koning, H. (2007). **Fundamentos Científicos de la Metodología Lean Six Sigma**, Tesis Doctoral de la Universidad de Ámsterdam, Holanda.
- Osual, R. (2011). **Estrategias basadas en la Metodología de Seis Sigma para controlar costos y tiempos perdidos en el proceso de carga de mercancía en las Empresas Alimentos Polar Comercial, C.A., y Cervecería Polar C.A. Ubicadas en la Zona Industrial San Vicente I, Maracay, Estado Aragua**, Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Pande, P. S., Neuman, R. P. y Cavanagh, R. R. (2002). **Las Claves del Seis Sigma**. Editorial Mc Graw Hill. España.
- Peralta, L. (2011). **Mejoramientos del servicio de Galvanizado mediante Seis Sigma y el Análisis de las Información**, Trabajo de grado de la Universidad del Bio-Bío. Chile.
- Quintero, G. (2009). **Estabilización de la capa de Zinc en la producción de Alambre Galvanizado bajo sistema Jet Wipping**. Trabajo de grado de la Universidad de la Sabana. Colombia.
- Ramamoorthy, S. (2007). **Aplicaciones de Lean Six Sigma en Ensamble de Aeronaves**. Trabajo de grado de la Universidad de Magras. India.
- Shaffie, S. y Shahbazi, S. (2012). **Lean Six Sigma**. Editorial McGraw Hill 36 Hours Course. Estados unidos.
- Smith, B. (2003) **Lean and Six Sigma**. A One-Two Punch. American Society for Quality. Estados unidos.
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). **El proceso de investigación Científica**. Cuarta edición. Editorial Limusa. México.
- UPEL. (2006). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL)**. Cuarta Edición. FEDUPEL Caracas. Venezuela.
- Womack, J. P. y Jones, D. T. (2003). **Lean Thinking**. Editorial Free Press New York. Estados Unidos.

ANEXOS

Anexo 01: Presupuesto del DDK DDD 500:

N.V. Bekaert S.A. (div. Engineering naamloze vennootschap Meulebekerstraat 139 B-8770 Ingelmunster	Tel: : 051-333411 Fax: : 051-333538	BTW BE 0405.388.536 RPR (Kortrijk)
---	--	---

Page : 1 / 2

BEKAERT

Offer

2117011590 11.12.2012

VICSON S.A. - RIF: J-00038411-8
Zona Ind.Sur - Calle 1A
Decrescenzo/N.Davila/Cecat/Villegas
VICSON VALENCIA
555 APARTADO
VALENCIA
VENEZUELA

Shipment to
VICSON S.A. - RIF: J-00038411-8
Zona Ind.Sur - Calle 1A
555 APARTADO
VALENCIA
VENEZUELA
Tel: Fax:

p.o./Your ref. from 11.12.2012
New DDK

Payment Terms
60 days end of month

Delivery Terms
CPT - Carriage paid to

Inside Contact: Els Hinnekens
Sales Representative: Mr Nico Demeulenaere *Tel.:* 0032/51333540

Sold to: VCS077000
Payer : VCS

We thank you for your inquiry. All our deliveries are subject to our General Sales Conditions which can be obtained on simple request. Any supplementary cost will be invoiced according to your required delivery conditions.
Validity period: 11.12.2012 to 11.03.2013

Price condition
Ex works, packing not included

* Item with stockpolicy

Item	Material #	Quantity	Price	Unit price	Discount/surcharge	Value
0010	2148317 DDK DDD 500 ASSEMBLY (0,5 - 2 MM RANGE) - made in BENG - incl. DDK - DDD unit with cable - price per wire position	1 PC	858,00	EUR/1PC		858,00
0020	2148318 DDK DDD 501 ASSEMBLY (1 - 5 MM RANGE) - made in BENG - incl. DDK - DDD unit with cable - price per wire position	1 PC	858,00	EUR/1PC		858,00

Anexo 02: Presupuesto del DDK DDD 502:

N.V. Bekaert S.A. (div. Engineering naamloze vennootschap Meulebekestraat 139 B-8770 Ingelmunster		Tel: : 051-333411 Fax: : 051-333538		BTW BE 0405.388.536 RPR (Kortrijk)							
		Page : 2 / 2		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Offer</th> </tr> <tr> <td>2117011590</td> <td>11.12.2012</td> </tr> </table>				Offer		2117011590	11.12.2012
Offer											
2117011590	11.12.2012										
VICSON S.A. - RIF: J-00038411-8											
Item	Material #	Quantity	Price	Unit price	Discount/surcharge	Value					
0030	2148156 DDK DDD 502 ASSEMBLY (3 - 12 MM RANGE) - made in BENG - as per attached specifications '2117011169_AN_DDM_20120926_UK_V01_00_000.pdf' - '2117011169_AN_DDM_20120927_UK_V01_00_000.pdf' - '2117011169_AN_DDM_201210022_UK_V01_00_000.pdf' - price per wire position	1 PC	921,00	EUR/1PC		921,00					
0040	2148319 OFFLINE CALIBRATION UNIT - made in BENG	1 PC	2.850,00	EUR/1PC		2.850,00					
Sub-total						5.487,00					
Total amount due						EUR	5.487,00				
The delivered gds shall remain the Seller's property until the invoice is fully paid or until the cheque for payment or the bill of exchange, issued in payment of the invoice, is cashed											
											