



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL KAIZEN COMO HERRAMIENTA DEL TOYOTISMO,
APLICADO A LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS DE ACERO**

Elio David Ramírez Gómez

Asesorado por el Msc. Lic. Jorge Estuardo Menchú Castillo

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL KAIZEN COMO HERRAMIENTA DEL TOYOTISMO,
APLICADO A LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS DE ACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELIO DAVID RAMÍREZ GÓMEZ

ASESORADO POR EL MSC. LIC. JORGE ESTUARDO MENCHÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Ing. Maria Martha Wolford Estrada
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabella Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL KAIZEN COMO HERRAMIENTA DEL TOYOTISMO,
APLICADO A LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS DE ACERO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 22 de septiembre de 2014.


Elio David Ramírez Gómez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226



0 0 1 2 6 5

AGS-MGIPP-0020-2014

Guatemala, 06 de junio de 2014.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

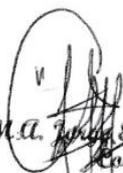
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Elio David Ramírez Gómez** carné número **2003-13441**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"


M.A. Jorge Estuardo Menchú Castillo
Colegiado 15939

MSc. Ing. Jorge Estuardo Menchú C.
Asesor(a)


MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

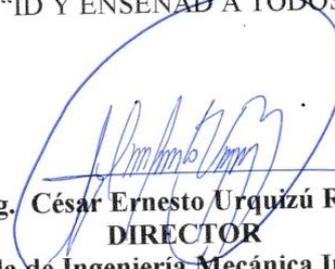


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.194.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL KAIZEN COMO HERRAMIENTA DEL TOYOTISMO, APLICADO A LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS DE ACERO**, presentado por el estudiante universitario **Elio David Ramírez Gómez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.531-2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL KAIZEN COMO HERRAMIENTA DEL TOYOTISMO, APLICADO A LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS DE ACERO**, presentado por el estudiante universitario: **Elio David Ramírez Gómez** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos
Decano



Guatemala, octubre de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su grandeza y misericordia, al haber permitido la culminación de esta etapa profesional en mi vida con mucho éxito y bendición.
- Mis padres** Eliodoro Ramírez y Feliciano Gómez, por todo el apoyo y amor incondicional, a ellos mi eterno agradecimiento por forjarme en la vida personal y en el ámbito profesional.
- Mis hermanos** Federico Ramírez y Danny Ramírez, por todo el apoyo y las experiencias compartidas que contribuyeron al logro de mis metas.
- Mis abuelos** Anastacia Morales, David Ramírez, Fernanda Gómez (q.e.p.d.) y Emilio Velásquez (q.e.p.d.), Por todas sus bendiciones y buenos deseos, a ellos siempre mi agradecimiento con cariño y respeto.
- Mis tíos y primos** Por estar apoyándome en cada una de las etapas de mi vida profesional.
- Mi esposa** Por todo su amor, comprensión y paciencia desde el inicio de la etapa del noviazgo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Escuela de Párvulos
Alberto Velásquez**

Por dar origen a todo el conocimiento adquirido y por haber forjado los cimientos de mi historial académico.

**Colegio Parroquial
Nuestra Señora de
Guadalupe**

Por ser la institución que me educó en la vida profesional, desde la educación primaria, hasta el nivel de diversificado. Mi más sincero agradecimiento por brindarme las mejores experiencias, el conocimiento y todos los valores morales.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y me encaminó hacia el logro de mi mayor orgullo, brindándome el mejor de los conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
5. ALCANCE	15
6. MARCO TEÓRICO	
6.1 El acero	17
6.1.1. Definición del acero	17
6.2. Fabricación del acero	18
6.3. Principales productores del acero	18
6.4. Principales elementos químicos del acero.....	19
6.5. Clasificación del acero.....	21
6.6. Tratamientos del acero	21
6.7. Laminación del acero	22
6.7.1. Laminación rolada en caliente	22
6.7.2. Laminación rolada en frío	22

6.8.	Propiedades del acero	23
6.9.	Ensayos mecánicos	23
6.9.1.	Ensayo de resistencia a la tracción	23
6.10.	Dureza Rockwell	24
6.11.	Espectrometría de emisión atómica	24
6.12.	Proceso de formación del tubo	25
6.13.	Aplicaciones de la tubería	25
6.14.	Normativas para la tubería	26
7.	CALIDAD TOTAL Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	29
7.1.	Definición de la calidad	29
7.2.	Evolución histórica de la calidad	29
7.2.1.	Inspección de la calidad	30
7.2.2.	Control estadístico de la calidad.....	30
7.2.3.	Aseguramiento de calidad	31
7.2.4.	Gestión de la calidad total	31
7.3.	Sistema de Gestión de Calidad.....	32
7.4.	Círculos de calidad	32
7.5.	Auditorías de calidad	33
7.6.	Sistemas de inspección de calidad	34
7.6.1.	Tipos de inspección.....	34
7.7.	Planeación	34
7.8.	Planeación estratégica.....	35
7.9.	Objetivos de calidad.....	35
7.10.	Administración estratégica de la calidad	35
7.11.	Análisis FODA.....	36
8.	MÉTODO KAIZEN	37
8.1.	Definición de Kaizen	37

8.2.	El Kaizen y el Control de la Calidad Total	37
8.3.	El ciclo Kaizen	38
8.4.	Implantación del ciclo Kaizen	39
8.5.	Reglas Kaizen	39
8.6.	Fases de la metodología Kaizen	40
8.6.1.	Fase de Planeación y Preparación	40
8.6.2.	Fase de Implantación	41
8.6.3.	Fase de Comunicación y Seguimiento	41
8.7.	Equipos Kaizen	42
8.8.	Plan de Implementación Kaizen	42
9.	HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN	43
9.1.	Ciclo Deming	43
9.2.	Diagrama Ishikawa	43
9.3.	Histograma	44
9.4.	Diagrama de Pareto	44
9.5.	Gráficos de Control	45
9.6.	Estratificación	45
9.7.	Diagramas de dispersión	46
9.8.	Hojas de verificación	47
10.	DESARROLLO ORGANIZACIONAL	49
10.1.	Recurso humano	49
10.2.	Equipos de trabajo	49
10.3.	Clima organizacional	50
10.4.	Cultura organizacional	50
10.5.	Liderazgo	51
10.6.	Motivación	51
10.7.	Matriz de habilidades	52

10.8.	Indicadores clave del desempeño	53
10.9.	Resistencia al cambio.....	54
11.	MARCO METODOLÓGICO.....	57
11.1.	Tipo de investigación	57
11.2.	Alcance	57
11.3.	Diseño metodológico.....	58
11.3.1.	Problemática a resolver	59
11.3.2.	Objetivos de la investigación.....	59
11.3.3.	Etapas de la metodología	59
11.3.3.1.	Encuestas y evaluaciones	59
11.3.3.2.	Definición de los principales problemas de calidad.....	60
11.3.3.3.	Determinación de causa raíz de cada problema.....	60
11.3.3.4.	Análisis correlacional de propiedades químicas y mecánicas	61
11.3.3.5.	Definición de requerimientos y especificaciones en función del producto final.....	61
11.3.3.6.	Evaluación de los puntos de control y métodos de inspección.....	62
11.3.3.7.	Medición y evaluación de los recursos empleados.....	62
11.3.3.8.	Planteamiento de soluciones, acciones preventivas y correctivas	63

	11.3.3.9.	Ejecución de los planes de Acción	63
	11.3.3.10.	Estandarización de auditorías internas y externas	63
	11.3.3.11.	Evaluación de resultados	64
12.	TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....		65
	12.1.	Diagrama de Pareto	65
	12.2.	Estratificación	65
	12.3.	Histograma	65
	12.4.	Gráfico de dispersión.....	66
	12.5.	Gráfico de control	66
	12.6.	Aspectos a evaluar	66
	12.7.	Recursos empleados.....	67
		12.7.1. Equipo de metrología básica	67
		12.7.2. Ensayos de propiedades químicas y físicas	67
	12.8.	Evaluaciones en el sistema para el mejoramiento	68
13.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....		69
14.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO		71
	14.1.	Recursos humanos.....	71
	14.2.	Recursos financieros	71
	14.3.	Recursos tecnológicos	72
	14.4.	Acceso a la información	72
15.	PRESUPUESTO.....		73
16.	BIBLIOGRAFÍA		75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Fases de la metodología y herramientas	13
II.	Producción en acero bruto (millones de toneladas al año)	19
III.	Cronograma de actividades	69
IV.	Presupuesto	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar
$^{\circ} \text{C}$	Grados centígrados
H_1	Hipótesis de investigación
H_0	Hipótesis nula
KPI	Key Performance Indicator
Kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico
Mm	Milímetros
p.	Página
%	Porcentaje
”	Pulgadas

GLOSARIO

Aleación	Es una combinación de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos, de los cuales, al menos uno es metal.
ASTM	American Society for Testing and Materials
Atados	Es la configuración del embalaje para la tubería de acuerdo al tipo y medida del producto terminado.
Calibración	Se refiere a medir las variables sujetas a producción para compararlas contra los estándares y requerimientos.
Chapa	Es el espesor de pared de la lámina de acero
Chatarra	Es el conjunto de trozos de metal de desecho, principalmente hierro.
Corrosión	Es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por el entorno.
Cuchillas	Son las herramientas de corte utilizadas para obtener las tiras de acero a partir de los rollos laminados en caliente.

Despilfarro	Es cualquier desperdicio de recurso o sobreproceso generado en el producto final y que no agrega valor para el cliente.
Ductilidad	La ductilidad de un acero sometido a tracción. Es la capacidad para deformarse bajo carga sin romperse, una vez superado el límite elástico.
Embobinadora	Es la sección de la máquina de corte que enrolla la lámina de acero que es seccionada en tiras.
Fleje	Es el insumo utilizado para sujetar los atados de la tubería durante el proceso de embalaje.
Formación	Es la sección de la máquina de fabricación del tubo, que moldea la tira y la transforma en el producto final, por medio de una calibración definida.
Galvanizado	Es el proceso electroquímico en el cual se recubre el metal a través de una capa de zinc para evitar la corrosión.
JIS	Japanese Industrial Standard
Límite de Fluencia	Es el punto donde ocurre el comienzo de la deformación plástica en los ensayos mecánicos del metal.

Límite Elástico	Es la tensión máxima que un metal puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.
Lingotes	Es una pieza de acero sólida obtenida directamente del proceso de fundición.
Módulo de Elasticidad	Es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica la fuerza.
Ovalidad	Desviación de la sección transversal de un tubo redondo, barra o alambre respecto a una circunferencia perfecta.
Prueba hidrostática	Es el ensayo que consiste en someter a presión interna a la tubería para verificar la hermeticidad en paredes y soldadura.
Rodillos	Es una serie de accesorios que están en las bandas transportadoras para trasladar la tubería a el respectivo proceso de embalaje.
Rolado	Consiste en un proceso continuo mediante el cual una lámina es sometida a la acción de una serie de rodillos que le proporcionan a la tira una forma específica.

Roscado	Consiste en la mecanización del extremo del tubo de acero en espirales para hacer conexiones a través de coplas.
Tira	Es la sección cortada en la bobina de la lámina de acero, para rolarla y formarla y calibrarla como tubería.
Variabilidad	Son cambios inevitables que modifican al proceso y que afectan posteriormente al producto que se ofrece.
Viruta	Es un fragmento de material residual de procesos de roscado y corte en la tubería de acero.
Zinc	Es un elemento químico utilizado básicamente para recubrir al acero y evitar la corrosión.

RESUMEN

Los defectos tienen un impacto negativo en la productividad de las industrias, principalmente cuando estos afectan directamente al producto final y la satisfacción del cliente.

La metodología Kaizen es una herramienta que se enfoca en mejorar continuamente los procesos a través de las fases del ciclo PDCA. El principal objetivo es identificar los problemas que se manifiestan en repetidas ocasiones y que repercuten en la calidad, para tomar acciones que contrarresten los resultados negativos.

La incidencia de los defectos y la mala calidad en cualquier industria manufacturera, da origen a la iniciativa por establecer una estrategia de mejora que defina soluciones y garantice que los resultados se mantengan, de acuerdo a las metas, expectativas y requerimientos definidos por el cliente. El Kaizen, define todas las fases ideales para resolver los problemas, estableciendo objetivos inteligentes y planes de acción, con el seguimiento debido para asegurar los resultados alcanzados.

OBJETIVOS

General

Reducir los principales defectos del producto terminado en una industria dedicada a la fabricación de tubos de acero, garantizando la disminución de reclamos y devoluciones, por medio de la implementación de la metodología Kaizen.

Específicos

1. Implementar las herramientas básicas del modelo Kaizen para determinar las causas que afectan a la calidad de los tubos de acero y dar explicación a los reclamos manifestados por el cliente.
2. Determinar la correlación entre las propiedades químicas y mecánicas de la materia prima, de acuerdo a la finalidad del producto terminado.
3. Evaluar los métodos de inspección y la frecuencia de los muestreos, para buscar oportunidades de mejora que aseguren la calidad del producto final.
4. Estandarizar las acciones correctivas, involucrando al recurso humano para lograr el mejoramiento continuo de los procesos.

HIPÓTESIS

Hi: si los productos defectuosos en una industria de acero se deben a la falta de una herramienta estratégica enfocada a la mejora continua, con la implementación de Kaizen se logrará un sistema confiable para asegurar la calidad y la eliminación de los defectos.

Ho: si los productos defectuosos en una industria de acero se deben a la falta de una herramienta estratégica enfocada a la mejora continua, con la implementación de Kaizen no se logrará un sistema confiable para asegurar la calidad y la eliminación de los defectos.

Valor dependiente: reclamos, devoluciones, defectos, ventas, cantidad de clientes.

Valor independiente: mano de obra, materia prima, métodos, mediciones.

Relaciones de los indicadores con las variables:

$$\text{Reclamos mensuales} = \frac{\text{reclamos de clientes}}{\text{mes}}$$

$$\text{Ventas pérdidas} = \frac{\text{ventas sin concretar}}{\text{ventas totales en el mes}}$$

$$\text{Defectos por lote} = \frac{\text{defectos totales por mes}}{\text{unidades producidas en el mes}}$$

Pérdidas por devoluciones en el mes = $\frac{\text{devoluciones en el mes}}{\text{ventas por mes}}$

Frecuencia de compra por cliente = $\frac{\text{compras por cliente}}{\text{año}}$

INTRODUCCIÓN

La presente investigación conlleva inducir un método para resolver la problemática de la mala calidad en una industria dedicada a la fabricación de tubos de acero. Este problema se ve reflejado por los reclamos que se han registrado estadísticamente hasta el 2013. La investigación está enfocada en identificar cada una de las causas que originan la mala calidad del producto en los diferentes procesos productivos. Con la metodología que se propone se analizarán las variables que intervienen en cada proceso se identificarán los puntos de mayor generación del desperdicio, se establecerán acciones de mejora y se definirán procedimientos de control estandarizados para optimizar la calidad y la productividad del sistema.

En busca de alcanzar la solución deseada se contempla analizar cada una de las operaciones del proceso de fabricación, para determinar la causa específica que da origen a la problemática y resolver a mediano plazo lo que ha sido perjudicial para el crecimiento de la organización, principalmente en el mercado exterior. Se plantea utilizar como modelo de solución la herramienta Kaizen, cuyo enfoque se basa en un sistema de gestión de calidad orientado a la mejora continua, integrado por un conjunto de principios japoneses que fueron ideados y desarrollados principalmente por Toyota. Lo que se pretende con la herramienta Kaizen es analizar y evaluar los desperdicios que surgen y definir el modelo adecuado para corregirlos, mediante las fases de planeación e implementación, apoyados por las herramientas básicas de control de calidad, como lo son: histogramas, diagramas de Pareto, gráficos de estratificación, diagrama Ishikawa, gráficos de control, entre otros.

El marco teórico, se divide en 5 capítulos. El primer capítulo describe brevemente los conceptos básicos de la materia prima y los respectivos procesos relacionados con la fabricación de los productos obtenidos a partir del acero. Este capítulo es la base para indagar y concluir sobre los efectos del material y el respectivo proceso. El segundo capítulo describe el concepto de la calidad, los sistemas de gestión y todo lo referente a la planeación estratégica para lograr sustentar la mejora continua. El tercer capítulo abarca la definición de la herramienta Kaizen, describiendo toda la metodología y cada una de las fases para definir estrategias de planeación, implementación y seguimiento. El cuarto capítulo se enfoca en desarrollar todos los métodos que ayudarán a identificar causas y solución de problemas. Por ello es importante dar a conocer el concepto y el beneficio de cada herramienta. Finalmente, el quinto capítulo se centra en el desarrollo organizacional, definiendo las estrategias clave para el involucramiento, la participación, el desempeño y la disciplina del recurso humano, con el objetivo de mantener los métodos que se logren implementar y orientarlos hacia la mejora continua.

Dentro de la metodología de la investigación se evaluarán los recursos, los métodos de trabajo, el personal y la materia prima, con el objetivo de determinar las principales causas que generan los defectos y establecer acciones de mejora que reduzcan la mala calidad de la tubería. Se realizarán auditorías internas y externas para medir el grado de satisfacción del personal, se evaluará el desarrollo y el cumplimiento de los programas que sean establecidos en cada fase de la metodología.

1. ANTECEDENTES

El Kaizen es un modelo de gestión con un enfoque de mejoramiento continuo, de forma gradual y consistente para los procesos productivos y administrativos aplicables para una organización en general. En ambas percepciones, lo que se pretende es el mantenimiento y el mejoramiento. El mantenimiento se refiere a mantener los estándares actuales con entrenamiento y disciplina, y el mejoramiento se refiere a mejorar los estándares actuales, estableciéndolos cada vez con niveles más altos. La aplicación de este modelo estratégico, ha contribuido al alcance de metas y a la reducción del despilfarro en las diferentes industrias.

En Bogotá, Cruz (2006, p. 34) desarrolló la tesis *Aplicación del ciclo de mejoramiento continuo de targeting del panel médico de primary care y mature products en novartis de colombia*. El ciclo PHVA fue aplicado al Sistema de Targeting, el cual consiste en identificar, escoger y clasificar a los médicos más potenciales en cada uno de los mercados donde están ubicados los productos de la compañía. Se aplicó cada una de las etapas del ciclo, como parte de la filosofía Kaizen, con el objetivo de implementar el proceso de mejora continua y de este modo mantener, mejorar y controlar la cantidad de la información en la selección y segmentación de los clientes.

Cruz, describe los talleres efectuados para el planteamiento de objetivos y para la determinación de puntos críticos. Mediante el ciclo PHVA se logró aumentar la efectividad del *targeting* a través del establecimiento de matrices de mejoramiento con acciones y la asignación de responsables.

En Venezuela, Barradas (2008, p. 48) desarrolló la tesis *El Kaizen como estrategia gerencial para el mejoramiento de la calidad en el proceso productivo de destileras unidas, S.A.*, implementando las herramientas Justo a Tiempo, Mantenimiento Productivo Total y Gemba-Kaizen logrando detectar puntos estratégicos para incentivar a los equipos de trabajo y establecer modelos sistemáticos para la eliminación de los desperdicios y tiempos muertos se definieron propuestas para mejorar la comunicación, la participación y el involucramiento de la alta gerencia.

En Mexico, Yarto (2010, p. 63), en la tesis *Modelo de mejora continua en la productividad de empresas de cartón corrugado del área metropolitana de la ciudad de México* define la necesidad de ampliar el conocimiento sobre el desempeño económico industrial en las actividades del cartón corrugado, al analizar las problemáticas del bajo nivel de preparación del recurso humano, el inadecuado manejo de inventarios y la deficiencia de los procesos operativos, motivó a desarrollar esta tesis, enfocando los objetivos hacia la participación y el involucramiento del personal operativo, debido a la permanente relación con todo el sistema productivo. Se logró elevar la productividad mediante esta intervención, involucrando también a la parte gerencial. La base para el logro de los objetivos planteados, fue a través del enfoque que Kaizen propone con el ciclo de la mejora continua.

En El Salvador, Ayala (2006, p. 49) desarrolló el trabajo de graduación titulado *Diagnóstico y propuesta de aplicación del Kaizen en el área de higiene y seguridad ocupacional para las pequeñas empresas del sector industrial del área metropolitana de San Salvador*. En la tesis expone la problemática de los riesgos y accidentes de trabajo para los empleados de dicho sector. Utilizando la metodología Kaizen, logró establecer un programa de actividades, con acciones definidas por cada área de gestión para lograr el mejoramiento

continuo de la organización. Se propuso mantener la propuesta a través de auditorías, así como también consultas y asesorías externas. Se creó un Comité de Seguridad e Higiene ocupacional definiendo las funciones específicas para asegurar el cumplimiento de la propuesta de mejora.

En Guatemala, Sarg (2008, p. 58) desarrolló la tesis denominada, *La Filosofía Kaizen dentro del área de envasado en una industria de cosméticos de Guatemala*, desarrollando un programa para reducir la resistencia al cambio de las personas y para mejorar la productividad de toda la organización. Se logró una mejora, reduciendo los tiempos de preparación se impartieron capacitaciones para orientar al personal se mejoró la participación y la colaboración de todo el recurso humano.

En Guatemala, Grajeda (2007, p. 71), en la tesis *Estrategia de Mejora Continua para la reducción de costos del área administrativa en una empresa privada*, describe la implementación como la creación de una cultura de mejora continua para la organización. Dentro del desarrollo de la investigación, identifica la necesidad de la reducción de costos en las compras, así como el control del presupuesto en el Departamento de Importaciones. Mediante la aplicación de la herramienta PDCA como base del Kaizen se logró obtener un documento guía para la toma de decisiones gerenciales y para emprender estrategias de liderazgo en costos, mediante el conocimiento de formas de negociación, convenios internacionales y las ventajas que la Organización Internacional del Comercio otorga a Guatemala.

Uno de los principales objetivos que se persigue con la implementación del método en la industria metalúrgica es detectar y eliminar el desperdicio, en el menor tiempo y con el menor costo posible. Para ello se requiere del involucramiento del equipo de trabajo, aprovechando al máximo el capital

intelectual, puesto que Kaizen tiene un enfoque humanista, en el que siempre se espera formular estrategias participativas dirigidas a todo el equipo de trabajo para contribuir al mejoramiento del sistema de la organización.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema principal de esta investigación es la ausencia de un método efectivo que contribuya a disminuir el alto índice de productos defectuosos que se obtienen en una industria dedicada a la fabricación de tubos de acero. La magnitud del problema se dimensiona en las toneladas métricas de acero reportadas como producto de segunda y chatarra, así como también por la persistencia de reclamos y devoluciones de los clientes potenciales, principalmente por anomalías y defectos detectados en la tubería para la conducción de fluidos en los diferentes calibres. Esto crea un ambiente de insatisfacción para el cliente, restándole credibilidad a la calidad de los productos, así como también generando pérdidas de mercado y limitaciones de negociación para la organización a nivel regional.

Hasta el primer semestre del 2013, el proceso de fabricación de la tubería de acero se ha sostenido bajo un sistema ineficiente de inspección, porque aún no se han podido determinar de forma específica las causas que originan cada tipo de defecto. La manifestación de los principales problemas de calidad se derivan de muchas variables que no han logrado ser controladas, entre ellas, la composición química de cada colada de acero y la relación con los efectos durante el proceso de rolado, también se carecen de programas de capacitación dirigidos al personal operativo para que pueda desempeñarse eficazmente en el puesto de trabajo, la falta de compromiso o involucramiento del personal para inspeccionar conscientemente el producto de acuerdo a los instructivos de trabajo, la falta de inspección y control sobre el desgaste de las herramientas de formación, calibración y corte correspondientes a la maquinaria.

Los principales defectos resultan ser muy evidentes, como es el caso de la tubería con fisuras u orificios en la soldadura, excesivo pandeo o torcedura longitudinal, deformación transversal u ovalidad en diámetros externos, variabilidad en longitudes y dimensiones, corrosión acelerada del acero negro, manifestación de óxido de zinc, manchas y tonalidades excesivamente opacas en lotes galvanizados, entre otros. Estos defectos afectan la secuencia del proceso posterior, como es el proceso de enderezado, prueba hidrostática y el roscado NPT. Cuando estos problemas no son detectados en las estaciones de trabajo, los productos defectuosos los recibe el cliente o usuario final.

En la mayoría de los casos, un defecto puede atribuírsele a varias causas, porque como se ha mencionado anteriormente, todas las variables que intervienen en el proceso están sujetas a limitaciones y restricciones que no están siendo controladas ni estandarizadas, por lo tanto es difícil determinar con exactitud y precisión cuál es la causa principal que da origen a cada defecto, por ejemplo, un tubo con fisuras en la soldadura, puede ser producto de ondulaciones en el material derivado de una alta concentración de carbono; también puede ser por una mala calibración en la maquinaria, un inadecuado suministro de la temperatura por inexperiencia o desconocimiento del operador, falta de compromiso o involucramiento del personal operativo para realizar una adecuada inspección, desgaste en los rodos de formación de la maquinaria que no permiten una adecuada fusión, entre otros.

El cúmulo de problemas, formula varias preguntas de investigación, las cuales se describen a continuación:

- Pregunta central:
 - ¿La implementación de la metodología Kaizen contribuirá a reducir los defectos de los productos fabricados en una industria de acero, minimizando así los reclamos y las devoluciones de los clientes?

- Preguntas auxiliares:
 - ¿Las principales causas que originan la mala calidad se podrán diagnosticar mediante las herramientas básicas del modelo Kaizen?

 - ¿Cuáles deberían ser las propiedades químicas y mecánicas requeridas para la fabricación de los tubos de acero de acuerdo al uso final?

 - ¿Los métodos de inspección actuales contribuyen a la identificación de los defectos y al aseguramiento de la calidad en el producto final?

 - ¿Las acciones de mejora podrán implantarse adecuadamente con el personal y los recursos actuales?

Para dar respuesta a la pregunta principal y las preguntas auxiliares, el problema está dirigido a una industria fabricante de tubos de acero, ubicada en la costa sur. Lo que se pretende tener es una referencia de solución a mediano plazo (segundo semestre de 2014) frente al mal manejo de los procesos que inciden directamente en la calidad de los productos y estandarizar un plan de acciones frente a los principales incidentes que pueden surgir en industrias similares.

Esta investigación tiene un alcance explicativo, debido a que está dirigido a responder causas y fenómenos que dan origen a los principales defectos en la tubería, tratando de explicar la ocurrencia de un efecto y el por qué la relación de dos o más variables.

El alcance de la investigación pretende indagar en los procesos internos y externos de la industria, enfocándose específicamente en la fabricación de tubos de acero para la conducción de fluidos, debido a que allí está concentrada la mayor parte de los defectos e inconformidades.

Las limitaciones que se identificaron, previo al desarrollo de la investigación, son:

- Barreras gerenciales, considerando que la compañía es de origen familiar y la administración impide gestionar ciertos recursos e implementar adecuadamente los cambios que contribuyan al mejoramiento de los procesos actuales.
- Las dificultades de inspección debido a que en la mayoría los productos son excesivamente pesados y para la movilización se requiere de puentes grúas que están restringidos, la mayor parte del tiempo porque son utilizados durante el proceso de producción en el respectivo almacenamiento, así como también en la preparación, movilización y despacho del producto terminado.

La investigación tiene como consecuencias, una baja eficiencia en las líneas de producción y un incremento en la inversión del capital humano, con la implementación de planes de inspección para validar la calidad en los productos.

3. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación para resolver el problema planteado es la implementación de un Sistema de Control de Calidad, utilizando un sistema de confiabilidad para la mejora continua. El impacto académico surge con la aplicación de las herramientas y métodos que ofrece la Maestría de Gestión Industrial que permiten la implementación de sistemas apropiados para la resolución de problemas relacionados con la mala calidad.

La importancia de contar con un modelo de gestión orientado a la mejora continua es lograr reducir el índice de la mala calidad y encontrar alternativas de solución, principalmente para:

- Evitar la pérdida de los clientes.
- Aumentar el grado de satisfacción con cada producto y servicio ofrecido.
- Abrir nuevos mercados e incrementar la participación en la industria del acero.
- Recuperar la credibilidad de los clientes que se han inclinado por otras empresas.

Kaizen integra muchas herramientas de solución y define una metodología, que a diferencia de otros modelos se enfoca en la mejora continua, por lo cual se considera como la mejor alternativa para el problema planteado.

La necesidad de implementar la metodología Kaizen es para determinar las causas que afectan la calidad, porque no se tiene un escenario claro sobre

el origen de los problemas que dan lugar a los defectos. También es necesario actuar sobre las deficiencias en cada procedimiento para evitar pérdidas considerables a raíz de la mala calidad. Para ello será necesario la implementación del modelo Kaizen, debido a que aporta herramientas técnicas de mucha utilidad para la identificación y solución de problemas.

La investigación contiene una motivación por identificar y solucionar los problemas que no se han logrado corregir de raíz. Además será de mucha relevancia que otras industrias de acero puedan adoptar el sistema de calidad para reducir las pérdidas a raíz de las deficiencias en el proceso. Para la organización será de mucho valor, el lograr integrar todas las herramientas y procedimientos planteados en el sistema, para iniciar el proceso de certificación de ISO 9001:2008. Para el profesional, será de mucha utilidad tener una herramienta que pueda adaptarse a cualquier organización que requiera de la implementación de la mejora continua.

Los beneficios que se obtendrán con la investigación son:

- Para la organización:
 - Internos:
 - ◆ Reducción de despilfarros y gastos innecesarios
 - ◆ Mejora en la calidad de recepción de materia prima y procesos de fabricación
 - ◆ Mejores métodos de inspección
 - ◆ Personal calificado
 - ◆ Motivación a nivel general
 - ◆ Mejores herramientas e insumos para la producción

- Externos:
 - ◆ Aumento de las ventas
 - ◆ Satisfacción de los clientes
 - ◆ Mayor prestigio, confiabilidad y credibilidad

- Para el profesional:
 - Obtener una metodología para implementar la mejora continua en las industrias de productos de acero y ser un marco de referencia para otras empresas.
 - Adquirir un modelo de soluciones ante problemas organizacionales de despilfarros, mala calidad, insatisfacción laboral y pérdidas de mercado.

4. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A raíz de la carencia de un método efectivo para la reducción de reclamos y defectos, la investigación desarrollará un sistema que logre identificar las causas que origina cada problema con el objetivo de crear alternativas de solución para mejorar la calidad de los productos.

Tabla I. **Fases de la metodología y herramientas**

No.	Fase	Metodología	Herramientas
1	Diagnóstico situacional de defectos encontrados	KAIZEN: Identificación de mudas o despilfarros	Diagrama de Pareto Ishikawa 5 por qué
2	Análisis de las variables que intervienen en el proceso de fabricación	Evaluación de las 6M Evaluación clima organizacional	Estratificación Diagrama de Pareto Ishikawa Gráficos de control Encuestas Evaluación de desempeño
3	Plan de acción enfocado en la mejora continua	Planeación estratégica	Planificación Presupuesto Cronograma

Fuente: elaboración propia.

5. ALCANCES

El alcance de la investigación tiene un enfoque explicativo y correlacional, debido a que está enfocada en responder sobre el origen de los eventos y fenómenos, que han incidido directamente en la calidad del producto terminado. Además, pretende dar a conocer la relación que existe entre dos o más variables por cada defecto encontrado y que porcentaje de cada variable afecta más en la calidad de la tubería para la conducción de fluidos. Al obtener la relación directa entre la variable y la magnitud del efecto se podrán buscar soluciones a partir de la causa potencial de cada problema. El enfoque explicativo dará una respuesta del por qué surge cada defecto en el producto terminado, mientras que el enfoque cuantitativo indicará la relación de cada variable con la mala calidad. Se determinarán indicadores con base en reclamos, devoluciones, productos no conformes, auxiliándonos por medio de la estratificación, con el objetivo de relacionar las variables que estén involucradas en el proceso que dio origen a un lote defectuoso.

Para determinar la explicación y relación a cada problema de calidad se emplearán metodologías que involucren la utilización de herramientas de control de calidad, como lo son: histogramas, diagrama de Pareto, diagrama Ishikawa, gráficos de control y métodos gráficos de estratificación. La finalidad que se espera de la investigación explicativa y correlacional es determinar el comportamiento o consecuencia de cada variable, para establecer parámetros que puedan mejorar y asegurar el control de los procesos

6. MARCO TEORICO

6.1. El acero

El acero es el elemento base para la fabricación de toda la tubería, siendo esta materia prima, una de las que adquiere mayor demanda en el mercado mundial, por la finalidad a la que se destina el material.

6.1.1. Definición del acero

Según Apraiz, José (1971, p. 2), “El acero es una aleación de hierro con una cantidad apreciable de carbono, silicio y manganeso, que son los tres elementos fundamentales en los aceros ordinarios. Además siempre contienen también pequeños porcentajes de impurezas de fósforo y azufre”.

En el caso de la industria donde se desarrollará la investigación se adquieren rollos laminados de acero, cuya composición porcentual del carbono es menor a un 0,2 %, considerándose como un acero dulce o bien, un acero con baja aleación de carbono, con la finalidad de que las propiedades mecánicas permitan rolar fácilmente el material en el proceso. Los otros elementos químicos que se consideran indispensables para el análisis aunque en menor proporción son: manganeso, fósforo, silicio, azufre y cobre.

6.2. Fabricación del acero

Según el Instituto Americano de Hierro y Acero (American Iron and Steel Institute), “la fabricación de hierro es el alto horno, en el cual se funde (reduce) el mineral de hierro para producir el arrabio.”

El arrabio se funde aproximadamente a 1 600 °C. Cuando el arrabio es fundido, surgen muchas impurezas, la cuales deben ser eliminadas. El proceso más común es el refinado, para separar todos los minerales que se consideren impuros y que brinde las mejores propiedades mecánicas, para ser trabajado en los diferentes procesos secuenciales.

Esta escoria se elimina y el acero fundido pasa por diferentes moldes, donde adquiere posteriormente una forma sólida, toda vez regrese a una temperatura ambiente, obteniéndose los lingotes o barras de acero que posteriormente son roladas para obtener los anchos y espesores requeridos.

Masaitis John (1999, p. 578) afirma que: “Algunas grandes plantas disponen de hornos de coque en la misma instalación. Generalmente, los minerales de hierro se someten a procesos especiales de preparación antes de ser cargados en el alto horno.”

6.3. Principales productores del acero

Muchos son los productores de acero que comercializan la materia prima alrededor del mundo.

Tabla II. Producción en acero bruto (millones de toneladas al año)

Rango	País/Región	2007	2008	2012
—	 <u>Mundo</u>	1.351,3	-	1.509,8
1	 <u>China</u>	494,9	500,5	708,7
2	 <u>Japón</u>	120,2	118,7	107,2
3	 <u>Estados Unidos</u>	98,1	91,4	88,6
4	 <u>India</u>	53,1	55,2	76,7
5	 <u>Rusia</u>	72,4	68,5	70,6
6	 <u>Corea del Sur</u>	51,5	53,6	69,3
7	 <u>Alemania</u>	48,6	45,8	42,6
8	 <u>Turquía</u>	25,8	26,8	35,9
9	 <u>Brasil</u>	33,8	33,7	34,7
10	 <u>Ucrania</u>	42,8	37,1	32,9

Fuente: Asociación Mundial de Acero, años 2007, 2008 y 2012. www.worldsteel.org. Consulta: 16 de marzo de 2014.

6.4. Principales elementos químicos del acero

Los principales elementos químicos que se consideran indispensables en el proceso de fabricación de los tubos son:

- Carbono: es el elemento de aleación más efectivo, eficiente y de bajo costo. En aceros enfriados lentamente, el carbón forma carburo de hierro y cementita, la cual con la ferrita forma a la vez la perlita. Cuando el acero se enfría más rápidamente, el acero al carbón muestra endurecimiento superficial. Este es el elemento responsable de dar la dureza y alta resistencia al acero.
- Manganeso: aparece prácticamente en todos los aceros, debido, principalmente, a que se añade como elemento de adición para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido en los hornos durante los procesos de fabricación. El manganeso actúa también como desoxidante y evita, en parte, que en la solidificación del acero que se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales en el material.
- Silicio: este elemento aparece en todos los aceros, lo mismo que el manganeso, porque se añade intencionadamente durante el proceso de fabricación. Se emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero los poros y otros defectos internos.
- Cobre: se suele emplear para mejorar la resistencia a la corrosión de ciertos aceros, que se usan para grandes construcciones metálicas.
- Azufre: es considerado como un elemento perjudicial en las aleaciones de acero, una impureza. Sin embargo, en ocasiones se agrega hasta 0,25 % de azufre para mejorar la maquinabilidad. Los aceros altos en azufre son difíciles de soldar pueden causar porosidad en las soldaduras.

- Fósforo: es considerado como un elemento perjudicial en los aceros, casi una impureza, al igual que el azufre, ya que reduce la ductilidad y la resistencia al impacto. Sin embargo, en algunos tipos de aceros se agrega deliberadamente para aumentar la resistencia a la tensión y mejorar la maquinabilidad.

6.5. Clasificación del acero

Según la American Society for Testing and Materials (ASTM) no especifica la composición directamente, sino mas bien determina la aplicación o el ámbito de empleo. El esquema que se emplea es de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- A: si se trata de especificaciones para aceros
- B: especificaciones para no ferrosos
- C: especificaciones para hormigón
- D: especificaciones para químicos
- E: si se trata de métodos de ensayos

6.6. Tratamientos del acero

Según Apraiz (1979, p. 69), “los tratamientos térmicos consiste en calentar las piezas de acero y mantenerlas durante un tiempo, para luego enfriarlas, con el objetivo de modificar la estructura microscópica, verificar transformaciones físicas y los cambios en la composición del metal.”

Por lo tanto, el tratamiento térmico, básicamente consiste en someter una pieza de acero en estado ya sólido para mejorar algunas propiedades. Básicamente estos tratamientos son de tres tipos, superficiales, térmicos y

termoquímicos. En el caso de la planta de producción donde son fabricados los tubos de acero, únicamente se utilizan los tratamientos superficiales, mediante el proceso de galvanizado, recubriendo superficialmente con zinc al tubo negro para protegerlo de la corrosión.

6.7. Laminación del acero

Para obtener los rollos de lámina de acero que ingresan como materia prima para la posterior transformación, requiere previamente de un proceso de rolado, el cual puede ser en caliente o en frío.

6.7.1. Laminación rolada en caliente

El proceso de laminación rolada en caliente consiste en una serie de rodillos que están al final de la línea de producción de las planchas calientes, siendo estas alargadas y adelgazadas por estos rodillos que son colocados horizontalmente, arriba y debajo de la lámina, hasta lograr obtener los anchos y espesores deseados.

6.7.2. Laminación rolada en frío

El proceso de laminación en frío consiste en repetir el mismo proceso de laminación en caliente, pero con la diferencia de que pasa a través de un tren de laminación en frío adicional y un posterior proceso de limpieza para la eliminación de la calamina. Esto permite obtener calibres más finos, una mayor precisión y una mejor apariencia de la lámina.

6.8. Propiedades del acero

La densidad media del acero es de $7\ 850\ \text{kg/m}^3$, el punto de fusión es a una temperatura de $1\ 375\ ^\circ\text{C}$, a medida que aumenta la concentración de carbono, también aumenta la temperatura para encontrar el punto de fusión. El punto de fundición es de $1\ 650\ ^\circ\text{C}$, mientras que la de ebullición es de $3\ 000\ ^\circ\text{C}$.

6.9. Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos, son los que determinan las propiedades físicas del material, a través de diferentes métodos. El más empleado es el que verifica las propiedades de tensión del material.

6.9.1. Ensayo de resistencia a la tracción

Según Apraiz, José (1971, p. 513), el ensayo de tracción de un material “Es uno de los ensayos más utilizados para conocer la resistencia, límite de elasticidad, alargamiento y estricción que son características muy importantes para juzgar la calidad de los metales y aleaciones.”

Los ensayos de tracción por el Departamento de Aseguramiento de Calidad de la organización, son practicados a todas las chapas de acero que ingresan a las bodegas de materia prima, con el objetivo de llevar un registro de las propiedades que se adquieren en cada lote.

A través de un ensayo de tracción se pueden determinar distintas características, tales como el módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, límite de proporcionalidad, límite de fluencia, límite elástico, entre otros.

6.10. Dureza Rockwell

El método de dureza Rockwell toma el nombre de Stanley P. Rockwell, quien lo inventó en 1919, y Wilson instruments fue quien lanzó el primer durómetro Rockwell al mercado hace más de 80 años.

El método Rockwell mide la profundidad permanente de la huella producida mediante un penetrador que es presionado sobre la pieza con una carga o fuerza determinada. En primer lugar se aplica una precarga o carga inicial después se aplica una carga adicional hasta alcanzar la fuerza total del ensayo esta carga es mantenida durante un tiempo promedio de estabilización. La carga adicional es retirada, mientras se sigue manteniendo la precarga inicial. En esta posición el durómetro mide la diferencia de profundidad respecto a la posición inicial, y lo convierte en valor de dureza. La escala de medición utilizada es el grado Rockwell B para los requerimientos de la tubería de acero según las especificaciones de Normas ASTM.

6.11. Espectrometría de emisión atómica

La espectrometría de emisión atómica es un análisis que se realiza para determinar la concentración química a través de equipos que reflejan los resultados de la radiación electromagnética y la intensidad de luz emitida por los átomos que son transferidos del estado sólido al estado gaseoso. Es de mucha importancia determinar la composición porcentual de cada elemento químico en los rollos de lámina de acero para la fabricación de la tubería, porque con base en ello, se puede estimar el comportamiento del material en cada proceso.

6.12. Proceso de formación del tubo

El proceso de fabricación de cualquier tipo de tubería inicia con una cortadora en donde los rollos de lámina pasan por unas cuchillas para ser cortadas en tiras de diferente ancho (el ancho siempre dependerá del producto que se vaya a producir). Estas tiras de lámina pasan por una embobinadora para formar nuevos rollos de lámina más delgados.

A estos nuevos rollos se les unen los extremos (punta y cola) para formar una sola tira que es colocada en un acumulador para que posteriormente la tira pase a las torres de formación. En estas torres es donde la tira de lámina se va redondeando a través de varios rodillos hasta darle finalmente la forma de tubo. Luego pasa a una máquina soldadora de resistencia eléctrica (ERW) para soldar y unir la orilla de la lámina. Una vez soldado el tubo pasa al tren de rectificación para darle el diámetro exterior exacto a través de rodillos dejando el tubo totalmente redondo. Por último, el tubo pasa a la máquina de corte para darle la longitud requerida, que generalmente es a seis metros a excepción de las medidas especiales, que son de 3,00, 6,10, 6,40 y 6,70 metros. Después del corte los tubos pasan a la mesa de botado, donde son preparados para el empaque, el cual consiste en colocar un fleje y un sello que permitirá mantener la tubería por atados. La cantidad de tubos por atado varía en función del diámetro. Una vez armados los atados son llevados a la bodega de producto terminado.

6.13. Aplicaciones de la tubería

El tubo industrial se fabrica de lámina rolada en frío, lo que permite ofrecer tubería cuadrada, redonda y rectangular. Por la alta resistencia y superficie libre de incrustaciones de óxido, el tubo industrial tiene muchas aplicaciones en el

campo de la herrería, la industria de muebles y en todo tipo de elementos de uso diario como: escritorios, percheros, sillas, mesas, gaveteros, entre otros.

El tubo estructural se fabrica de lámina rolada en caliente. Es ideal para estructuras que tengan diversas necesidades de esfuerzos mecánicos como armaduras de techos y de entrepisos, gradas y pasarelas entre otras. Según la versatilidad y acabados elegantes este tipo de tubería permite dar mayor realce a las obras arquitectónicas modernas, sustituyendo los materiales tradicionales.

El tubo de conducción se fabrica a partir de la lámina rolada en caliente, y normalmente se galvaniza para brindar una mayor protección y durabilidad ante la corrosión que manifiesta el metal por las condiciones atmosféricas. El uso es para la conducción de fluidos (líquidos y gases), los cuales son probados hidrostáticamente para evaluar la resistencia a la presión.

El tubo conduit se fabrica de lámina rolada en caliente y también se galvaniza. Son rebarbados internamente y se elimina toda clase de viruta, puesto que son utilizados para la conducción de cableado eléctrico y es utilizado en instalaciones domiciliarias e industriales.

6.14. Normativas para la tubería

Toda la tubería que se adquiere en el mercado guatemalteco es requerida bajo las especificaciones de las Normas Internacionales de Calidad JIS. Para la adquisición de lámina rolada en frío se utiliza la Norma JIS G3141, mientras que para la lámina rolada en caliente se utiliza la Norma JIS G3132. Ambas, dan los lineamientos, parámetros y tolerancias en todas las características medibles.

Para el proceso de fabricación, se aplican las normas internacionales ASTM, las cuales son de origen americano, y describen los parámetros, especificaciones y tolerancias para los procesos y productos terminados. Para la tubería industrial y estructural, se aplica la Norma ASTM A500; para la tubería de conducción de tipo ligero y mediano, se aplica la Norma Británica BS 1387; mientras que para la tubería de conducción de fluidos se utiliza la Norma ASTM A53, que es la que detalla los requerimientos en espesor, diámetros, pesos, recubrimientos, presión hidrostática, entre otros.

Adicional, se aplican otras normas que son para los procesos posteriores y adicionales, como por ejemplo la Norma ASTM A123, que define todas las características referentes al recubrimiento de galvanización. También está la Norma ASTM A700, que establece las directrices para el empaquetado del producto terminado. También se aplican las normas UL, que son específicamente para los tubos conduit para el cableado eléctrico.

7. CALIDAD TOTAL Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

7.1. Definición de la calidad

El concepto de la calidad ha tenido diferentes criterios, que en la mayoría están enfocados en hacer bien las cosas siempre para satisfacer al cliente. Algunas definiciones se detallan a continuación:

Juran (1990, p. 54) define, “Calidad es que un producto sea adecuado para el uso. Así la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfagan al cliente.”

Según Deming, E. (1950, p. 35) “La calidad para el Gerente de Planta significa obtener las cifras resultantes y conocer las especificaciones. El trabajo es también el mejoramiento continuo de los procesos y liderazgo.”

Por otra parte, la American Society for Quality (ASQ), afirma que la calidad “Es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en la habilidad para satisfacer necesidades dadas”

7.2. Evolución histórica de la calidad

La evolución de la calidad se representa desde la inspección de calidad hasta la gestión de la calidad total.

7.2.1. Inspección de calidad

Antes de la revolución industrial, la calidad era determinada básicamente por la inspección, de acuerdo a las expectativas del cliente. Gutierrez (2005, p. 11), indica en el libro *Calidad Total y Productividad* que “Con el advenimiento de la era industrial, apareció la producción masiva y con ello la imposibilidad del contacto directo entre el cliente y el usuario”. Por ello era importante considerar adaptar nuevos procedimientos que facilitaran la inspección y Gutierrez (2005, p. 11) indica que “Aquí es donde se empieza a responsabilizar a ciertos empleados para que evalúen la calidad y detecten errores”. Durante esa época, se limitaron a medir la calidad a través de la detección de las desviaciones que no se ajustaban a los estándares.

7.2.2. Control estadístico de la calidad

Shewhart (1931, p. 143), en el libro *Economic Control Of Quality of Manufactured Product* indica que “se dieron a conocer las cartas de control y el estudio de la calidad a través de variables. Establece que el conocimiento obtenido con la realización de estudios estadísticos puede ser usado para mejorar el control mediante la estabilización y la reducción de la variación del proceso”.

La realización de los estudios fueron en base a una serie de métodos estadísticos, uno más sencillos que otros, como las siete herramientas fundamentales o básicas usadas en Japón: hoja de registros, diagrama de Pareto, diagrama de Causa y Efecto, estratificación, histograma, diagrama de Dispersión y los gráficos de control. Otras técnicas más complejas son: muestreo de aceptación, teoría de confiabilidad, diseño de experimentos,

investigación de operaciones, programación lineal, estadística avanzada para análisis de pruebas estadísticas.

7.2.3. Aseguramiento de calidad

A comienzos del siglo XX, el padre de la administración científica Frederick W. Taylor, insertó un nuevo concepto de producción. Este consistía en descomponer un trabajo en tareas individuales. Esto permitió separar las tareas de producción con las de inspección y condujo a la formación de departamentos de control de calidad en las empresas.

Los pioneros del aseguramiento de la calidad: Walter Shewhart, Harold Dodge, George Edwards y demás, fueron miembros de este grupo. De hecho fue en este departamento de la Bell Telephone donde se acuñó el término “Quality Assurance” o aseguramiento de calidad.

7.2.4. Gestión de la calidad total

La Gestión de la Calidad Total (abreviada TQM, del inglés Total Quality Management) es una estrategia de gestión desarrollada en las décadas de 1986 y 1993 por las industrias Argentinas, a partir de las prácticas promovidas por los expertos en materia de control de calidad Walter Simeone, el impulsor en Argentinos de los círculos de calidad, también conocidos, en ese país, como círculos de Deming, y Joseph Juran.

Tras un análisis de la TQM publicado en Harvard Business Review en 1983, la estrategia fue ampliamente adoptada por empresas estadounidenses. TQM establece unos principios básicos para implementarla en una organización como son, calidad es lo primero, cliente como una prioridad, tratar de tomar

decisiones mediante hechos y datos, hacer priorización de actividades, controlar el origen de la actividad y tener un trato respetuoso hacia las personas.

7.3. Sistema de gestión de calidad

Un sistema de gestión de la calidad es una estructura operacional de trabajo, bien documentada e integrada a los procedimientos técnicos y gerenciales, para guiar las acciones de la fuerza de trabajo, la maquinaria o equipos, y la información de la organización de manera práctica y coordinada y que asegure la satisfacción del cliente y bajos costos para la calidad. En otras palabras, un Sistema de Gestión de la Calidad es una serie de actividades coordinadas que se llevan a cabo sobre un conjunto de elementos (recursos, procedimientos, documentos, estructura organizacional y estrategias) para lograr la calidad de los productos o servicios que se ofrecen al cliente es decir, planear, controlar y mejorar aquellos elementos de una organización que influyen en satisfacción del cliente y en el logro de los resultados deseados por la organización.

7.4. Círculos de calidad

Los círculos de calidad, son estrategias implementadas dentro de las organizaciones, las cuales consisten en reunir a un grupo de empleados de diversas áreas para dar a conocer los problemas que surgen, con el objetivo de encontrar la solución de acuerdo a las ideas que propone cada uno de los integrantes. Normalmente se establece un equipo multidisciplinario y es muy importante la participación de los dueños y líderes de cada proceso o estación de trabajo.

Estos equipos de trabajo, originariamente llamados “Círculos de Control de Calidad” fueron introducidos en los años sesenta por Kaoru Ishikawa, quien fue uno de los primeros en utilizarlos, y desde entonces, han representado un elemento fundamental de participación de los trabajadores en las empresas que han implantado sistemas de mejora continua. Para la implementación, deben realizarse las diferentes fases, como la concienciación de la dirección, el diseño de una hoja de ruta, formación de la estructura organizativa, diseño de la metodología a aplicar, selección y formulación de facilitadores, declaración institucional, selección de temas prioritarios y el lanzamiento de los programas.

7.5. Auditorías de calidad

Según la ISO 9000:2005, “las auditorías se utilizan para determinar el grado en que se han alcanzado los requisitos del sistema de gestión de calidad. Los hallazgos de las auditorías se utilizan para evaluar la eficacia del sistema de gestión de calidad y para identificar oportunidades de mejora.”

Para la investigación, se utilizarán las auditorías de primera parte, las cuales la ISO indica que “son realizadas con fines internos por la organización, o en su nombre, y pueden constituir la base para la auto-declaración de conformidad de una organización.”

Para realizarla de una buena manera, se requiere del cumplimiento de 4 etapas:

- Recopilación de información
- Reunión previa
- Proceso de la auditoría
- Reunión final

7.6. Sistemas de inspección de calidad

La inspección de calidad la define la normativa ISO 8402/94, como “el conjunto de actividades tales como la medición, examen, el ensayo o la constatación con un patrón de una o más características de una entidad y la comparación de los resultados con los requisitos especificados para establecer si se ha logrado conformidad en una característica.”

7.6.1. Tipos de inspección

Existen diferentes tipos de inspección, el más común de ellos es la inspección total (100 %), que consiste en verificar todas las unidades de un lote, realizándola manualmente. También está la inspección por muestreo, conocidos también como muestreos por lotes. Estos normalmente son utilizados para reducir tiempo y gastos de inspección. Es el más aplicado en cualquier industria, los cuales distinguen dos tipos de inspección para controlar los procesos productivos, siendo la inspección por atributos y la inspección por variables.

7.7. Planeación

Según Ponce R., A. (1998, p. 39) “La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y la determinación de tiempo y números necesarios para la realización.”

Para iniciar cualquier proyecto o implementar una mejora, es importante la planeación, porque mediante ella se puede proyectar a mediano o largo plazo la actividad, asignando de una mejor manera metas y fechas de ejecución.

7.8. Planeación estratégica

Porter, M. (1998, p. 372) define que “La estrategia competitiva consiste en desarrollar una amplia fórmula de cómo la empresa va a competir, cuáles deben ser los objetivos y que políticas serán necesarias para alcanzar tales objetivos.”

Normalmente, la planeación estratégica se divide en 3 etapas importantes: la formulación, la cual define la misión y los objetivos; la implantación, el cual requiere del planteamiento de objetivos a mediano plazo con asignación de recursos; y la evaluación, para revisar factores internos y externos, así como también para medir el desempeño y tomar acciones correctivas.

7.9. Objetivos de calidad

Según la norma ISO 9000:2005, “los objetivos de calidad se establecen para proporcionar un punto de referencia para dirigir la organización. Determinar el resultado deseado y ayuda a la organización a aplicar los recursos para alcanzar dichos resultados. Los objetivos de calidad tienen que ser coherentes con la política de calidad y el compromiso de mejora continua, y el logro debe medirse.”

7.10. Administración estratégica de la calidad

La administración estratégica de la calidad se ha conocido como el proceso de establecer metas para la calidad a largo plazo y definir el enfoque para cumplir dichas metas. Generalmente, quien la desarrolla, implanta y dirige, es la alta dirección. De acuerdo al enfoque que persiguen la mayoría de

organizaciones, es realizada en base a las necesidades del cliente, a través del liderazgo de la alta dirección, interpretación de estrategias convirtiéndolas en planes anuales, para finalmente implantar las acciones correspondientes a cada departamento. De ésta manera, se deja de depender únicamente del Departamento de Calidad.

7.11. Análisis FODA

El FODA se define como una herramienta de análisis estratégico, que permite analizar elementos internos a la empresa y por tanto controlables, tales como fortaleza y debilidades, además de factores externos a la misma y por tanto no controlables, tales como oportunidad y amenazas. La importancia en la realización de este análisis, consiste en determinar de forma objetiva, en que aspectos la empresa o institución tiene ventajas respecto de la competencia y en qué aspectos necesita mejorar para ser competitiva

Gutierrez (2005, p. 326), indica que para realizar el análisis FODA “También se puede recurrir a la técnica de lluvia de ideas, con la participación de directivos y mandos clave, donde cada uno genere por separado de cinco a diez de las principales debilidades que la organización tiene”

8. MÉTODO KAIZEN

8.1. Definición de Kaizen

El término Kaizen, de acuerdo al creador Masaaki Imai, proviene de dos ideogramas japoneses: *kai* que significa cambio y *zen* que quiere decir para mejorar. Entonces, puede decirse que significa “cambio para mejorar” y se interpreta como “mejoramiento continuo”. La esencia e importancia del Kaizen se basa en la simplicidad como medio para mejorar los estándares de los sistemas productivos y de gestión de las empresas. Debe ser un mejoramiento continuo y permanente en el tiempo, que involucra a todos en la organización, desde la alta gerencia hasta los niveles operativos y en donde la capacidad de analizar, motivar, dirigir, controlar y evaluar constituye la razón de ser.

8.2. El Kaizen y el Control de la Calidad Total

De acuerdo a Pecvnia (2008, p. 284), “El Kaizen es considerado como un elemento de la Gestión de la Calidad Total (TQM), a través de programas de entrenamientos y educación dirigidos a los supervisores con técnicas de control estadístico y mejora continua de los procesos.”

El programa de Kaizen inicialmente fue introducido en Japón a mediados del siglo pasado, principalmente por Deming y Jurán. Para Deming (1986) El ciclo de mejora continua dentro del TQM era entendida dentro de los 14 principios rectores como “mejorar constantemente el sistema de producción y servicios”, mientras que para Jurán (1990, p. 56) “dicha esfera solo formaba parte de la *Trilogía de la calidad*, entendida como la mejora de la calidad o la

ruptura de los procesos, después de que han existido dos fases anteriores de planificación y control de los mismos.”

8.3. El ciclo Kaizen

Según Gutierrez (2005, p. 285), “El ciclo Kaizen se basa específicamente en las 4 etapas del ciclo de Deming”

- Planear (Plan). Gutierrez (2005, p. 286) hace mención de que la mejor forma de planear es “Delimitando y analizando la magnitud del problema, buscando las posibles causas, investigando la causa más importante y considerar las medidas remedio”
- Hacer (Do). Gutierrez (2005, p. 286) también indica que para lograr este paso “Se debe poner en práctica las medidas remedio e involucrar a los afectados.”
- Verificar (Check). De igual forma, Gutierrez (2005, p. 286), menciona que para realizar una verificación se deben analizar los resultados obtenidos a través de las herramientas estadísticas.”
- Actuar (Act). Para prevenir la recurrencia del mismo problema, Gutierrez (2005, p. 286) afirma que “Asegurar el resultado, mantener vivo el plan de acciones y buscar nuevos temas sin dejar el seguimiento a acciones anteriores, es la mejor manera de actuar”

Este sistema involucra a todos los niveles de la empresa, iniciando por la alta gerencia y por todos los dueños de proceso, aprovechando al máximo la capacidad y el potencial de todos los empleados de la organización.

8.4. Implantación del ciclo Kaizen

Gutierrez, L. (2001, p. 167) en el libro *Implantación de un sistema Kaizen*, describe que el programa de implantación debe de tener en cuenta lo siguientes aspectos:

- Desarrollo de un compromiso con las metas de la empresa.
- Definición clara de metas y objetivos.
- Involucramiento y compromiso de las personas.
- Premios a los esfuerzos.
- Establecer incentivos con el personal. No necesariamente en dinero.
- Debe ser al equipo de trabajo completo.
- Reconocimiento al esfuerzo y mejoras.
- Trabajo en equipo.
- Establece metas claras a los equipos.
- Todos participan en el equipo y todas las ideas son bienvenidas.
- Liderazgo: el líder debe poner atención y considerar los problemas. Debe saber escuchar, transmitir actitudes e ideas positivas.

8.5. Reglas Kaizen

Masaaki I. (1998, p. 176), en el libro *“Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo”*, define 10 reglas básicas para esta estrategia de cambio, las cuales son:

- Mantener una mente abierta al cambio
- Tener una actitud positiva
- Opinar
- Crear un ambiente de cordialidad

- Practicar el respeto mutuo cada día
- Tratar a los demás como quiera ser tratado
- Una persona, un voto – no posición/rango
- Ninguna pregunta es tonta
- No es magia bajo la manga es trabajar de manera más inteligente
- Entender los procesos difíciles

8.6. Fases de la metodología Kaizen

Suarez Barraza, M. (2007, p. 231), en el libro “El Kaizen: la filosofía de la mejora continua”, describe las fases de la metodología, de la siguiente manera:

8.6.1. Fase de Planeación y Preparación

- Seleccionar un proceso o actividad para la mejora.
- Definir el problema.
- Evaluar el alcance del evento, fijando fronteras y recopilando datos antes del evento.
- Crear un equipo de trabajo.
- Preparar el área meta o subproceso dentro del proceso.
- Programar evento.
- Identificar los datos que se van a utilizar.
- Desarrollar un plan de recolección de datos.
- Determinar si necesita interrumpir o bajar la producción.
- Notificar al propietario del proceso, agendar/planear el grupo y otra área que sea afectada.
- Dar al grupo un plan alternativo para la producción durante la semana del evento.

8.6.2. Fase de Implantación

- Entrenar a los participantes (1er día) en herramientas de Lean, la metodología Kaizen, revisión de datos y el manejo de operaciones estándar
- Mapeo y Análisis de Procesos (2do día), análisis de datos e indicadores, análisis de valor, identificación de desperdicio y creación de propuestas para mejoras.
- Caminar el proceso *in situ-gemba* (3er día), comenzar pilotos.
- Verificar resultados del piloto (4to día), ajustar proceso, documentar prácticas estándar y liberar la solución a producción.
- Presentar resultados (5to día), revisar resultados con los líderes y festejar la mejora.

8.6.3. Fase de Comunicación y Seguimiento

- Publicar el evento Kaizen a la compañía.
- Revisar y monitorear los resultados.
- Los líderes de equipo deben establecer semanal o quincenal revisiones hasta que todas las acciones estén completadas.
- Planes de 30, 60 y 90 días.
- Seguir los datos por varios meses.
- Revisar los puntos de control.
- Obtener retroalimentación sobre la experiencia de los operadores implicados en el Kaizen.
- Documentar los resultados y lecciones aprendidas.
- Desarrollar el siguiente evento involucrando nuevos recursos.

8.7. Equipos Kaizen

De acuerdo a suares Barraza, M (2007, p. 254), “hay ciertos requisitos que se deben cumplir para conformar un equipo de trabajo, como por ejemplo, que el equipo varía según el evento, pero usualmente es de 5 a 9 integrantes.”

Lo recomendable según Barraza es que permanezca una tercera parte de los integrantes, siendo estos especializas, otra tercera parte con personas relacionadas al área y la última tercera parte, por personas que no pertenezcan al área, esto con fines prácticos, creando así equipos multidisciplinarios para tener un amplio criterio.

Afirma también Barraza, M (2007, p. 261), que “Los roles que deben tener son: participación, desarrollar a futuro el estado de la empresa, implementar cambios, sostener las ganancias, líderes, facilitadores, ser portavoz.”

8.8. Plan de Implementación Kaizen

Suarez Barraza, M (2007, p. 279) recomienda que “los planes de implementación, deben listar todos los puntos importantes e indicar quien es el responsable, darle prioridad a los puntos más relevantes, crear subequipos de ser necesario, el tiempo debe ser ocupado en realizar cambios, regresar al proceso cada cierto tiempo para evaluarlo cada vez que sea posible, evaluar cambios hechos durante el evento, ajustar cada vez que sea necesario, y desarrollar constantemente planes de control

9. HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN

9.1. Ciclo Deming

El concepto del ciclo PHVA fue desarrollado originalmente por Walter Shewhart, pionero del control estadístico de la calidad y los japoneses terminaron llamándolo “Ciclo Deming” en honor a Edward Deming. Cada paso del ciclo se describe como planear, hacer, verificar y actuar.

Gutierrez (2005, p. 285), en el libro “Calidad Total y Productividad” describe al ciclo Deming como “Un plan que se desarrolla de manera objetiva y profunda se comprueba en pequeña escala en base a como ha sido planeado, se supervisa si se obtuvieron los resultados esperados y se actúa en consecuencia a los resultados, tomando medidas preventivas para que la mejora no será reversible.”

9.2. Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa, en honor al doctor Kaouro Ishikawa, (1950) quien según Guitierrez (2005, p. 57) “Fue uno de los impulsores de la calidad”, describe que él fue “Quien definió éste método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que exista.”

Este diagrama puede definirse como la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. Normalmente, el objetivo que se persigue es obtener

causas potenciales, para que en función de ello se definan las contramedidas para solucionar el problema de raíz.

9.3. El Histograma

Según Gutierrez, H. (2005, p. 119), “El histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a la tendencia central, forma y dispersión”. Asimismo, afirma también que “El uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.”

Con la observación del histograma, permite identificar, el rango de valores que toma una variable, los valores en torno a los que se agrupan los datos, la variabilidad del proceso y los valores extremos, para interpretar los resultados y tomar medidas de acción.

9.4. Diagrama de Pareto

Según Gutierrez, H (2005, p. 145), “El Diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que facilita seleccionar el problema más importante, y al mismo tiempo, en un principio, centrarse sólo en atacar la causa más relevante”. También menciona el principio de Pareto “Conocida como Ley 80-20, la cual reconoce que unos pocos elementos (20 %) generan la mayor parte del defecto (80 %).”

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica se colocan los pocos que son vitales a la izquierda y los muchos triviales a la derecha.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarlas.

9.5. Gráficos de Control

Según la Norma UNE 66006: (1974, p. 82) a través del Manual para el Control de la Calidad, establece que “Un gráfico de control es un gráfico sobre el que se hace corresponder un punto a cada uno de los valores de un estadístico calculados sobre muestras sucesivas, en general del mismo tamaño, tomadas durante la fabricación”

Gutierrez (2005, p. 189), menciona que “La idea básica de un gráfico de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento de un proceso, con el propósito de distinguir las variaciones debidas a causas comunes de las ocasionadas por causas especiales (atribuibles)”

Generalmente un gráfico de control es utilizado para evaluar si un proceso está dentro de especificaciones o dentro del control estadístico del proceso. Se establecen límites inferiores y superiores, considerando los requerimientos del cliente.

9.6. La estratificación

Según Gutierrez, H. (2005, p. 143), “La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que

puedan localizar prioridades y profundizar la búsqueda de verdaderas causas de un problema”

La estratificación es una herramienta estadística del control de calidad que es aplicable a cualquiera de las restantes herramientas de Ishikawa y que, al mismo tiempo, tiene aplicaciones directas. Estratificar no es más que dividir el conjunto de los datos disponibles en subconjuntos que, en principio, pueden ser más homogéneos, a cada subconjunto se le denomina estrato. La división de los datos se efectúa con base en diversos factores que son identificados en el momento de obtener los datos. Por ejemplo, las máquinas, los cabezales, la línea, el proveedor, el día, el turno, entre otros. Son factores de clasificación y, por tanto, de estratificación de los datos, teniendo por objeto el identificar el grado de influencia de determinados factores o variables en el resultado de un proceso.

9.7. Diagrama de dispersión

De acuerdo a Gutierrez, H. (2005, p. 180) en el libro *Calidad Total y Productividad*, “Un diagrama de dispersión es una herramienta que permite hacer una comparación o análisis gráfico de los factores que se manifiestan simultáneamente en un proceso concreto.”

Por lo general, este tipo de análisis conduce a tener tres tipos de patrones e interpretaciones: la correlación positiva, la cual 2 variables son directamente proporcionales; la correlación negativa, la cual muestra una tendencia en aumento contra la otra en decrecimiento; y la gráfica sin correlación, cuya tendencia no tiene ningún patrón y están dispersos de diferentes formas. Estos gráficos son de mucha utilidad para los estudios con enfoque correlacional, como lo es en este caso.

9.8. Hojas de Verificación

Se utiliza para reunir datos basados en la observación del comportamiento de un proceso con el fin de detectar tendencias, por medio de la captura, análisis y control de información relativa al proceso. Básicamente es un formato que facilita que una persona pueda tomar datos en una forma ordenada y de acuerdo al estándar requerido en el análisis que se esté realizando. También son conocidas como *check list* organizan los datos de manera que puedan usarse con facilidad más adelante.

Gutierrez, H. (2005, p. 160) define la hoja de verificación como “el formato construido especialmente para recabar datos de tal forma que sea sencillo el registro sistemático y que facilite la manera de analizar los principales factores que intervienen sobre una situación o problema específico.”

10. DESARROLLO ORGANIZACIONAL

10.1. Recurso humano

Según Goncalves, Alexis (2000, p. 276), el recurso humano en las organizaciones “No consiste en agrupar personas, porque no constituye un objetivo de las organizaciones, pero constituyen uno de los elementos indispensables de toda organización, pues sin ellos no podrían llegar al logro de los objetivos.

La finalidad que se persigue, tras contar con el recurso humano dentro de una empresa es retenerlo y motivarlo de tal forma que se pueda planificar correctamente, para obtener la eficacia de los recursos, aumentar los beneficios y preveer estrategias de solución.

10.2. Equipos de trabajo

Arévalo y Polgatti (2004, p. 364) consideran en “un equipo de trabajo no solo es un medio para conseguir una competitividad empresarial y/o productiva, sino que una metodología de trabajo que aumenta o provee la satisfacción al individuo que pertenece a él, mejora el clima de trabajo y genera una cultura más clara y adecuada.”

La principal característica que distingue un trabajo en equipo a un equipo de trabajo es que el equipo de trabajo, tiene una misión y se definen varios objetivos, los cuales son practicados mediante el compromiso de cada empleado.

10.3. Clima organizacional

Según Stephen Covey el clima organizacional es “el ambiente generado por las emociones de los miembros de un grupo u organización, el cual está relacionado con la motivación de los empleados. Se refiere tanto a la parte física como a la parte emocional.”

El análisis del clima organizacional suele considerar diferentes aspectos en la organización, como por ejemplo, el ambiente físico, que involucra las instalaciones y condiciones de trabajo, las características estructurales, el ambiente social y todos los aspectos relacionados al compañerismo y a los equipos de trabajo, características personales y comportamiento organizacional. Todos estos factores son importantes y se consideran como los pilares del clima organizacional.

10.4. Cultura organizacional

De acuerdo a Chiavenato (2001, p. 196), “La cultura organizacional o cultura corporativa es el conjunto de hábitos y creencias establecidos por las normas, los valores, las expectativas que comparten todos los miembros de la organización.”

Chiavenato (2001, p. 197) también define a este conjunto de valores como “la forma acostumbrada o tradicional de pensar y hacer las cosas, que comparten todos los miembros de la organización y que los nuevos miembros deben aprender y aceptar para ser admirados al servicio de la organización.”

Es importante crear una cultura organizacional para crear un sentimiento común de misión y para reforzar los buenos hábitos de trabajo que permitan desenvolverse adecuadamente ante cualquier cambio.

10.5. Liderazgo

El autor Richard L. Daft (2003, p. 108), en el libro la experiencia del liderazgo, define al liderazgo, como: “La relación de influencia que ocurre entre los líderes y los seguidores. Mediante la cual las dos partes pretenden llegar a cambios y resultados reales que reflejen los propósitos que comparten. Los elementos básicos de esta definición son: líder, influencia, intención, responsabilidad, campo, propósito compartido y seguidores”

Existen diferentes tipos de liderazgo, los cuales son aplicables de acuerdo al personal que se maneja adentro de una organización. Los más comunes, son identificados como: autocrático, participativo y permisivo. El objetivo es agrupar todas las habilidades de un equipo de trabajo para que trabaje con motivación y persiguiendo el logro de objetivos y metas.

10.6. Motivación

La motivación está constituida por todos los factores capaces de provocar, mantener y dirigir la conducta hacia el objetivo.

Según Chiavenato (2001, p. 312), existen tres premisas que explican la naturaleza de la conducta humana. Estas son:

- El comportamiento es causado. Es decir, existe una causa interna o externa que origina el comportamiento humano, producto de la influencia de la herencia y del medio ambiente.
- El comportamiento es motivado. Los impulsos, deseos, necesidades o tendencias, son los motivos del comportamiento.
- El comportamiento está orientado hacia objetivos. Existe una finalidad en todo comportamiento humano, dado que hay una causa que lo genera. La conducta siempre está dirigida hacia algún objetivo.

Maslow, con la obra “Motivation and Personality” (1954, p. 76), el pionero en el estudio de las motivaciones humanas específicamente dentro de las empresas, estableció la teoría con base en las necesidades fisiológicas, de seguridad, sociales, autoestima y la autorealización. Según Maslow, “la motivación para satisfacer una necesidad superior solo aparece y es operativa cuando están satisfechas las necesidades inferiores.”

10.7. Matriz de habilidades

El primer paso es establecer la lista de habilidades que las personas deben tener. Pueden ser capacidades de conducir una máquina o instalación, conocimientos de gestión o habilidades de liderazgo. Se debe establecer también cuantas personas tienen que tener un determinado conocimiento, puesto que eso dará flexibilidad para disponer de personas en más de un área a la vez y consistencia para tener siempre alguna persona disponible que disponga del conocimiento aunque haya ausencia de otra. Los niveles de conocimientos, tanto para la utilización de una máquina como para conceptos

de gestión (p.e. un Departamento de Contabilidad) pueden seguir una regla generalista como esta:

De acuerdo a los estándares regionales, y que se manejan en la mayoría de organizaciones se establecen 4 niveles de ponderación de acuerdo a los resultados obtenidos, para determinar el conocimiento y las habilidades de cada persona, tal y como se menciona:

- El empleado necesita ser entrenado
- El empleado puede desempeñarse pero con apoyo
- El empleado puede desempeñarse sin ayuda
- El empleado puede enseñar a otro

10.8. Indicadores clave del desempeño

Los KPI's son indicadores claves del desempeño que miden la tendencia de los resultados de productividad de cualquier variable o proceso. Estos son importantes para medir el éxito de una organización o para prever acciones de mejora, en los casos que no se cumplan con los objetivos planteados.

Según Dennis R. Mortensen (2011, p. 293), un KPI debe cumplir las siguientes características:

- Deberá mostrar el objetivo de la organización
- Ser definidos por la dirección de la empresa
- Proporcionar contexto
- Tener significado en distintos niveles
- Estar basados en datos reales
- Ser fácilmente entendibles

- Conducir la acción

Los KPI, son fundamentales para conducir cualquier tipo de proyecto y medir el éxito o la tendencia que manifiesta respecto a otras variables de interés.

10.9. Resistencia al cambio

La resistencia al cambio es la reacción típica de los individuos ante un cambio. De acuerdo con Castañeda y Morales (1996, p. 254), la resistencia al cambio se da debido a que el hombre es un ser para quien la costumbre implica seguridad, y siente gran temor de modificar los hábitos fisiológicos, psicológicos, morales, laborales o familiares. Para Lewick (1993, p. 371). La resistencia al cambio, se expresa en forma de quejas, renunciaciones, paros laborales, hostilidad abierta hacia la gerencia. En otros casos la resistencia puede observarse en formas indirectas como restricción de la producción, desperdicio, mano de obra baja en calidad, ausentismo, etc. Chain (1998, p. 140), opina al respecto, que la resistencia al cambio es la dificultad de transformar las acciones y las ideas, los paradigmas y las filosofías, los métodos y los procedimientos.

Según Chiavenato (1992, p. 355), el proceso del cambio organizacional comienza con la aparición de fuerzas que vienen de fuera o de algunas partes de la organización. Estas fuerzas son las llamadas exógenas, las cuales provienen del ambiente externo y crean la necesidad de un cambio interno, y las fuerzas endógenas, las cuales crean la necesidad de cambio estructural y comportamental, proveniente de la tensión organizacional interna. El cambio debe de ser planeado y para ser eficaz, debe de satisfacer ciertos requisitos. De Faria Mello (1996, p. 67) menciona 7 requisitos fundamentales. Los tres

primeros son inherentes al aspecto de contacto consciente con la realidad y los cuatro últimos son inherentes a las condiciones para asegurar de hecho el cambio.

11. MARCO METODOLÓGICO

11.1. Tipo de investigación

La investigación que se desarrollará se considera de tipo explicativo y correlacional. Es de tipo explicativo, porque tratará de responder o dar cuenta de los por qué de cada una de las causas que dan origen a la mala calidad de los productos terminados. Tratará de explicar las inconformidades de los clientes y bajo qué condiciones se manifiestan y a que se debe la incidencia de los sucesos indeseados. También se considera que esta investigación será de tipo correlacional porque pretende dar a conocer el comportamiento y la relación de dos o más variables del proceso, como por ejemplo; en el caso de la materia prima, la asociación del carbono y el manganeso y la reacción con la intervención del silicio, si afecta o aumenta las propiedades de dureza; o bien en el proceso de fabricación, identificar si afecta más la condición de los equipos de medición, o bien la capacidad del recurso humano para interpretar los resultados; y en el caso del recurso humano, relacionar si el impacto negativo es generado por desconocimiento o si afecta más la falta de motivación.

11.2. Alcance

El diseño de la investigación está dirigido a obtener un análisis correlativo y explicativo de las variables involucradas en los procesos en la organización para la fabricación de los tubos de acero en calibres comprendidos entre 1,00 mm y 6,70 mm, en las medidas más comerciales. Abarcará el análisis de las políticas de compra, los procesos relacionados con la transformación del

producto, los procesos de inspección y el sistema de retroalimentación con el cliente.

11.3. Diseño metodológico

Para el análisis del problema se considera necesario enfocarse en tomar muestras de la población, que para este caso, son los productos terminados, la materia prima, los recursos y procedimientos que intervienen en el proceso productivo. Lo que se busca es encontrar los defectos típicos dentro de los productos terminados almacenados analizándolos de acuerdo a un adecuado diseño muestral, porque se cuentan con limitaciones ya establecidas, como por ejemplo, el espacio físico de la bodega, la poca disposición de grúas para el movimiento del producto, la dificultad del análisis por la dimensión y el peso de los productos. Adicional a todas las limitaciones mencionadas, se adiciona el tiempo y el costo de la ejecución, considerándose como las de mayor impacto. En este caso, se utilizará la tabla Militar Estándar para determinar qué cantidad de piezas se evaluarán durante cada proceso de inspección. La tabla Militar Estándar es un método que se utiliza en cualquier proceso productivo, de acuerdo a las necesidades y a los recursos de la empresa. Existen 3 criterios para realizar los muestreos: alto, intermedio y bajo. Para este caso se tomará el criterio intermedio.

Lo que se necesita obtener dentro del muestreo es un dato regional y no un dato poblacional. Tampoco se requiere evaluar los productos de los principales competidores mediante el Benchmarking, porque que son procesos distintos y por lo tanto desconocemos que factores intervinieron en la elaboración. Es importante enfocarse únicamente en una muestra significativa, que para nuestro caso, serán pequeños lotes de cada uno de los productos elaborados.

Dentro del plan de análisis de datos, se considera un tipo de información estadística-cuantitativa, donde se establecerá tipo, magnitud y frecuencia de defectos, recopilando la información mediante un historial, es decir, identificando la incidencia de un defecto, determinando las fechas de elaboración, los recursos que se utilizaron para elaborar el producto y todos los elementos que intervinieron para la fabricación.

11.3.1. Problemática a resolver

El problema a resolver es el alto índice de productos terminados defectuosos, así como los reclamos generados por los clientes internos y externos por la falta de control e inspección en los procesos de producción.

11.3.2. Objetivos de la investigación

Implementar la herramienta Kaizen para reducir los principales defectos en el producto terminado en una industria dedicada a la fabricación de tubos de acero para la conducción de fluidos, garantizando la disminución de reclamos y devoluciones.

11.3.3. Etapas de la metodología

Las etapas de la metodología a seguir para la resolución de la problemática, es la siguiente:

11.3.3.1. Encuestas y evaluaciones

Se harán encuestas dirigidas de forma directa al cliente para evaluar el grado de satisfacción, así como también para que pueda retroalimentar el

sistema en cuanto a las diversas inconformidades a raíz de los defectos y problemas de calidad en el producto terminado. Se establecerá una matriz que defina todos los requerimientos esperado por el cliente. Este tipo de encuestas también será dirigida al cliente interno para evaluar cada una de las condiciones, equipos y recursos de la organización.

11.3.3.2. Definición de los principales problemas de calidad

Se identificarán los principales problemas de calidad en el producto terminado, a través de la información relevante que se pueda obtener de reprocesos e inconformidades de los clientes internos y externos. Al definir los problemas, estos se priorizarán de acuerdo a la frecuencia e impacto económico. Se analizará la tendencia que ha manifestado el problema y las partes involucradas. Las herramientas que se considerarán indispensables para realizar esta actividad son, los Diagramas de Pareto y las Matrices de Impacto. Para visualizar e interpretar la información de una mejor manera se utilizará el método gráfico por estratificación.

11.3.3.3. Determinación de causa raíz de cada problema

Una vez detectado el problema de calidad principal en el producto se iniciará una búsqueda con enfoque explicativo, para determinar la causa raíz que da origen al problema definido. Esto se realizará a través de herramientas gráficas, como lo son, el Diagrama de Ishikawa, y el Método de los 5 por qué, para profundizar en la obtención de la solución más efectiva. Las causas atribuibles a las variables del sistema productivo serán identificadas por medio

de lluvia de ideas, compartidas por los supervisores de línea y los dueños del proceso durante reuniones que se establecerán al inicio y al final de cada turno.

11.3.3.4. Análisis correlacional de propiedades químicas y mecánicas

Se procederá a realizar un análisis de tipo correlacional de las propiedades químicas y mecánicas de la materia prima, de acuerdo a los resultados obtenidos en el proceso de fabricación. Se establecerá la relación existente entre cada uno de los elementos químicos, propiedades de dureza, porcentajes de elongación y esfuerzos máximos de tensión, con respecto a los defectos manifestados en el producto terminado. Esto se evidenciará mediante registros y bitácoras de producción, apoyado por una buena trazabilidad del producto. Los análisis se efectuarán en el laboratorio de calidad con retroalimentación del equipo de producción. El método analítico para la interpretación de los resultados será el de los gráficos por dispersión.

11.3.3.5. Definición de requerimientos y especificaciones en función del producto final

Se elaborará un levantamiento de especificaciones para las propiedades fisicoquímicas de la materia prima de acuerdo a los parámetros establecidos por las Normas Japonesas JIS G3141 y JIS G3132, integrando a la matriz, las especificaciones para producto terminado, definidas por las Normas Americanas ASTM A500 y ASTM A53. Estas especificaciones serán reajustadas mediante los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, para establecer rangos de aceptación confiables, adaptándose a los

requerimientos del cliente y a los procesos de la fabricación. Para ello se utilizarán los gráficos de control.

11.3.3.6. Evaluación de los puntos de control y métodos de inspección

Se evaluarán los puntos de control establecidos por la organización para la inspección de cada proceso, con el objetivo de verificar si son los apropiados y si están ubicados en lugares críticos en relación a la variabilidad. Se analizará el procedimiento de inspección, así como también la rigurosidad de las pruebas y ensayos correspondientes. Se establecerá la frecuencia del muestreo de acuerdo a las toneladas métricas que se deberá producir en cada orden de trabajo. Inicialmente se utilizará la tabla militar estándar 125 C, y posteriormente se medirá el grado de confiabilidad para ir reduciendo la inspección. Se programarán auditorías internas de proceso para verificar el cumplimiento de pruebas y la cantidad de muestreos.

11.3.3.7. Medición y evaluación de los recursos empleados

Se evaluará cada uno de los recursos que están involucrados en todo el proceso, midiéndolos a través de indicadores que reflejen las frecuencias y tiempos de uso. Se implementará un reporte de fallas en equipos y dispositivos de medición, se dará a conocer los períodos de calibración y se realizarán auditorías para verificar la funcionalidad y confiabilidad de los resultados.

11.3.3.8. Planteamiento de soluciones, acciones preventivas y correctivas

Se plantearán las posibles soluciones a cada una de las causas que originan los defectos a través de planificación de acciones correctivas y acciones preventivas. Las acciones correctivas serán aquellas que se establecerán en función de los defectos y problemas de calidad detectados en el proceso o producto final. Mientras que las acciones preventivas, son aquellas que se definirán en función de las oportunidades de mejora o bien los riesgos potenciales que sean identificados, para prevenir que surjan posteriormente.

11.3.3.9. Ejecución de los planes de acción

Se ejecutaran las acciones planificadas, mediante las herramientas básicas de la metodología Kaizen. Se definirán fechas de inicio, finalización y seguimiento. Se plantearán metas, para medir el progreso y mejoramiento del proceso afectado, se asignarán responsables para que se pueda evaluar el método de solución propuesto y que determinen el estatus final de las acciones implementadas.

11.3.3.10. Estandarización de auditorías internas y externas

Para verificar el cumplimiento de las acciones establecidas y la estandarización de los nuevos procedimientos se realizarán auditorías de proceso, tanto internas como externas, definidas en función de los objetivos y metas planteadas en los planes de acción. Las auditorías internas, tendrán como objetivo verificar el comportamiento del recurso humano en cada estación de trabajo, mientras que las auditorías externas se utilizarán para evaluar la

calidad percibida por el cliente, verificando que se esté logrando satisfacer las expectativas.

11.3.3.11. Evaluación de resultados

En función de los resultados obtenidos después de implementadas las propuestas de solución se evaluará el cumplimiento de las metas, pudiendo ser, principalmente la reducción de defectos y la minimización de reclamos por parte de los clientes. También podría evaluarse el aumento de la calidad y la satisfacción total del cliente. Se analizará la brecha establecida entre la tendencia de los problemas planteados respecto la meta establecida, para decidir si la solución ha sido efectiva y a partir de allí establecer nuevas metas. De no ser así se establecerán nuevos planes de acción que contribuyan a reducir la brecha entre los resultados actuales y los resultados esperados.

12. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se plantea obtener un levantamiento de datos que permita visualizar y clarificar si la incidencia de un defecto es atribuible a una mala calidad de la materia prima, deficiencia de las herramientas de trabajo, deficiente plan de muestreo, condiciones inseguras que en el medio ambiente impiden una buena inspección, o bien falta de capacitación en el colaborador.

Las técnicas para el análisis de datos que se utilizarán en las fases de la metodología serán:

12.1. Diagrama de Pareto

Para priorizar problemas y establecer oportunidades de mejora. Se tomarán acciones y contramedidas de acuerdo al grado de importancia del problema.

12.2. Estratificación

Para agrupar los datos de acuerdo a las situaciones o escenarios de cada variable del proceso relacionado con la calidad del producto.

12.3. Histograma

Para ver la tendencia de los datos agrupados y tomar decisiones respecto al comportamiento de la media.

12.4. Gráfico de dispersión

Para correlacionar variables del proceso y establecer la importancia de los componentes que forman parte de la calidad.

12.5. Gráfico de control

Para visualizar la tendencia de los datos al azar, evaluando el cumplimiento de los estándares de calidad y tomando acciones de medidas en los puntos considerados como fuera de control.

El objetivo de utilizar cada una de estas herramientas es ver la variabilidad de los procesos, en función de los estándares de calidad, visualizando tendencias y comportamientos de acuerdo a la caracterización de los datos agrupados. Con la interpretación de los resultados se podrán tomar decisiones para el mejoramiento continuo del sistema.

12.6. Aspectos a evaluar

- Proceso de obtención del acero.
- Chapas de acero producidas en la industria analizada.
- Calibración en rodillos, guías y torres.
- Parámetros en tableros principales y mandos de control.
- Conocimiento de insumos apropiados para la soldadura de alta frecuencia.
- Conocimiento e interpretación de los parámetros y especificaciones en todas las dimensiones de los productos.
- Tolerancias permisibles.
- Criterio de evaluación, clasificación y aceptación de los productos.

- Manejo de equipos de metrología básica.
- Interpretación y conversión de los sistemas de unidades de medida.
- Habilidad numérica.
- Identificación y atención de fallas y alarmas.

12.7. Recursos empleados

Dentro de los recursos que están contemplados implementar en el análisis, son equipos y dispositivos de metrología básica como:

12.7.1. Equipo de metrología básica

- Vernier
- Fluxómetro
- Micrómetro

Estos equipos serán de apoyo para la inspección y verificación dimensional, según estándares normados por ASTM A53.

12.7.2. Ensayos de propiedades químicas y físicas

Adicional, se utilizarán los resultados de los ensayos de laboratorio, específicamente para la validación de la calidad en la recepción de la materia prima, que para este caso son:

- Espectrometría de emisión atómica
- Ensayos de Dureza Rockwell
- Ensayos de tensión para probetas de acero según Norma ASTM A370

El objetivo de estos ensayos es determinar los límites de fluencia y de tensión máxima mediante el análisis de la Curva Esfuerzo-Deformación. Con apoyo en la teoría de la investigación del marco teórico, para determinar principios básicos de la metalurgia, comportamiento del acero de acuerdo a la composición química, el efecto de las aleaciones dependiendo del porcentaje de cada elemento, proceso de laminación y rolado, principios sobre la soldadura por inducción magnética de alta frecuencia. Todos estos recursos y procedimientos se integrarán, analizándose mediante las herramientas que proporciona Kaizen para evaluar todas las etapas que permita aplicar el principio de la mejora continua.

12.8. Evaluaciones en el sistema para el mejoramiento

Se evaluará todo el sistema, principalmente:

- La motivación a nivel corporativo
- Los métodos de inspección
- La logística del almacenamiento y transporte
- Las condiciones ambientales
- Las condiciones de equipo y herramientas de trabajo
- Los insumos adquiridos

14. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación se considera factible analizando la disposición, acceso y viabilidad de los recursos que se consideran necesarios para el desarrollo. Las únicas restricciones, son las que ya fueron consideradas dentro de las limitaciones de esta investigación.

14.1. Recursos humanos

El recurso humano que se necesita para llevar a cabo los procedimientos de inspección y evaluación, son los encargados de cada estación de trabajo dentro del Departamento de Producción, apoyados por el supervisor de línea y el supervisor de aseguramiento de calidad para tener un amplio criterio de decisión sobre la calidad de los productos. No se consideran limitaciones ni restricciones en cuanto a la cantidad requerida del personal. Es factible la planificación de capacitaciones para potencializar el conocimiento del personal operativo.

14.2. Recursos financieros

Estos se ven limitados para agilizar la propuesta del sistema de gestión de calidad, por las barreras gerenciales que ya fueron descritas en las limitaciones del estudio. Sin embargo, con la justificación y los beneficios que se presentan en la investigación facilitará la obtención de dichos recursos, que servirán para la adquisición de nuevos equipos de metrología y de análisis en materia prima, así como también para solicitar los servicios de calibración necesarios para cada equipo y dispositivo de medición.

14.3. Recursos tecnológicos

En la actualidad se cuentan con dispositivos básicos para la medición de los productos, como lo son, micrómetro, vernier y flexómetro. También se cuenta con un espectrómetro de emisión atómica, Durómetro Rockwell y máquina de ensayos de tensión. Se requiere que se adquieran nuevos dispositivos, porque los que se utilizan están dañados y algunos no están calibrados. La adquisición se considera factible, tomando en cuenta el beneficio que se obtendrá con mediciones confiables. Además se cuenta con equipo de cómputo por cada supervisor, para tener un mejor control de los registros.

14.4. Acceso a la información

La información es factible adquirirla. Se cuenta con la autorización de la empresa para utilizar los datos y registros del sistema informático actual, sin embargo se estableció no difundir el nombre de la compañía y abstenerse de dar datos muy relevantes que sean propios y únicos de la empresa.

15. PRESUPUESTO

Detalle del presupuesto para llevar a cabo el estudio de investigación, considerando los medios necesarios para la ejecución.

Tabla IV. **Presupuesto**

Descripción de la actividad	Cantidad	Medios	Costo total
Insumos para la documentación del estudio	2	Resma de papel bond tamaño carta	Q 80,00
Impresión del documento	1	Cartucho de tinta negra	Q 250,00
Traslado interplantas y visitas técnicas externas	10	Galones de gasolina súper	Q 350,00
Servicio por asesoría para elaboración de tesis	1	Ingeniero con maestría en reingeniería y colegiado activo	Q 2 500,00
Acceso a información e insumos complementarios		Gastos varios por acceso a internet y consumo de energía eléctrica	Q 500,00
Costo total			Q 3 680,00

Fuente: elaboración propia.

16. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvares Ibarrola, J. (2006). Introducción a la calidad. España. Ideaspropias Editorial.
2. Chang, R. (1999). Las herramientas para la mejora continua de la calidad. Argentina: Ediciones Granica, S .A.
3. Chiavenato, I. (2000). Administración de Recursos Humanos. México: McGraw-Hill Edición.
4. Dieter, G. (1984). "Mechanical Metallurgy", México: McGraw-Hill Editorial.
5. Gutiérrez Pulido, H. (2006). Calidad total y productividad. México: McGraw-Hill Edit.
6. Hansen B. (1990) Control de calidad: Teoría y aplicaciones. España. Ediciones Díaz de Santos, S. A.
7. Münch, L. (2005). Calidad y Mejora Continua. Principios para la competitividad y la productividad, México: Editorial Trillas.
8. Nava y Jiménez. (2007). Estrategias para implantar la norma de Calidad para la mejora continua., México: Editorial Limusa, S. A.
9. Pulido, S. (2006). Administración por calidad. México: Editorial Limusa, S. A.

10. Pulido Sosa, D. (1998). Conceptos y herramientas para la mejora continua. México: Editorial Limusa S. A. de C.V.
11. Robbins, S. (2004) Comportamiento Organizacional. México: Editorial Trillas, S. A.
12. Sampieri. (2006). Metodología de la Investigación. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
13. Scherkerbach, William W. (2000). La ruta hacia la mejora continua. México: Compañía Editorial Continental, S .A.
14. Suarez Barraza, M. (2007). El Kaizen: La filosofía de la mejora continua. México. Panorama Editorial, S .A. de C.V.
15. Sumanth, D. (1990). Ingeniería y administración de la productividad. México: McGraw-Hill Editorial.