



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

TEMA:

**“MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC EN LA
MICROEMPRESA “GONZA” DE LA CIUDAD DE IBARRA.”**

AUTOR: LUIS ALFONSO URCUANGO ANRANGO

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS PINEDA

IBARRA, ECUADOR

2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	100264252-6		
APELLIDOS Y NOMBRES	LUIS ALFONSO URCUANGO ANRANGO		
DIRECCIÓN:	AV. MARIANO ACOSTA PASAJE CARLOS REVELO FRENTE A LA FORT		
EM@IL:	luigin_live@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2651705	TELÉFONO MÓVIL:	0993532881
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	“MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC EN LA MICROEMPRESA “GONZA” DE LA CIUDAD DE IBARRA.”		
AUTOR:	LUIS ALFONSO URCUANGO ANRANGO		
FECHA:	DICIEMBRE - 2013		

Firma 

Nombre: Luis Alfonso Urcuango Anrango

Cédula: 100264252-6

Ibarra, Diciembre 2013

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Yo, Luis Alfonso Urcuango Anrango, con cédula de identidad Nro. 100264252-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital de la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma _____



Nombre: Luis Alfonso Urcuango Anrango

Cédula: 100264252-6

Ibarra, Diciembre 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, LUIS ALFONSO URCUANGO ANRANGO, con cédula de identidad Nro. 100264252-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado dominado: **“MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC EN LA MICROEMPRESA “GONZA” DE LA CIUDAD DE IBARRA.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: DE INGENIERO INDUSTRIAL., en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma 

Nombre: Luis Alfonso Urcuango Anrango

Cédula: 100264252-6

Ibarra, Diciembre 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **LUIS ALFONSO URCUANGO ANRANGO**, para optar el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, cuyo tema es “MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC EN LA MICROEMPRESA “GONZA” DE LA CIUDAD DE IBARRA”, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, Diciembre del 2013



Ing. JUAN CARLOS PINEDA
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros

En la ciudad de Ibarra, Diciembre del 2013

EL AUTOR:

Luis Alfonso Urcuango Anrango

C.I.: 100264252-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Luis Alfonso Urcuango Anrango, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Luis Alfonso Urcuango Anrango



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A Dios que me da fortaleza espiritual en los momentos difíciles.

Especialmente a mis padres **Miguel** y **Teresa** quienes me han enseñado a superar todas las barreras que la vida nos presenta, a querer ser mejor cada día, a entender que no hay nada imposible, que solo hay que esmerarse y sacrificarse con valores de honestidad, humildad y rectitud para lograr las metas que nos planteamos.

Dedico este triunfo a toda mi **familia** y **amigos**, quienes además de brindarme su alegría y apoyo, fueron testigos de la constancia y esfuerzo para el cumplimiento de cada uno de mis objetivos planteados.

Luis



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza física y mental que me hizo surgir de las dificultades y culminar una etapa de mi vida.

A mis hermanos y hermanas por brindarme su apoyo para seguir adelante en todo momento.

A la universidad técnica del norte, especialmente a la querida facultad FICA y a todos sus docentes que supieron transmitir sus conocimientos para formar y guiar, tanto en el ámbito personal como profesional.

Al sr. Gonzalo Urcuango Gerente Propietario de la Mecánica Industrial “GONZA”, por permitirme desarrollar mis conocimiento y capacidades.

Al Ing. Juan Carlos Pineda por compartir sus conocimientos y guiarme en el transcurso de este proyecto.

A todos quienes de una u otra manera supieron brindarme su apoyo incondicional para la culminación de este proyecto.

Luis

RESUMEN

El presente documento tesis contiene las tácticas del DMAIC, que son estrategias para la buena atención al cliente, mejoramiento de los procesos y para todo el personal que está inmerso en este proyecto de mejora. Para ello se ha dividido en los siguientes capítulos.

En el primer **CAPÍTULO (I)** se conceptualizan una serie de aspectos que se enfocan a la Ingeniería Industrial en lo que respecta a calidad, producción, tiempos estándares, eficiencia, innovación, nuevos métodos de trabajo, tecnología y muchos otros conceptos que hacen que cada día la productividad sea un punto de cuidado en las empresas.

En el segundo **CAPÍTULO (II)** se recolecta toda la información sobre la situación inicial de la Mecánica Industrial” GONZA”, microempresa dedicada a la fabricación y prestación de servicios, es decir desde el alquiler de la prensa hidráulica hasta la fabricación de repuestos automotrices y máquinas industriales. El aumento de maquinaria trajo consigo un incremento de espacio, desafortunadamente el local de la microempresa no es propio, esto hace que no cuenta con una distribución de planta, los procesos no están estandarizados, el personal esta desmotivado, impidiendo cumplir con la calidad y la buena atención al cliente.

Es por esto que en el **CAPÍTULO (III)** se implementó la metodología DMAIC, se procedió a proponer y diseñar un procedimiento acorde a las características y necesidades de la microempresa, que gestione la calidad de productos y servicios de manera que se evite quejas e inconformidades por parte de los clientes.

En el **CAPÍTULO (IV)** se evalúa el impacto de mejora de la productividad y calidad de los procesos que fueron tomados en cuenta para el proyecto de mejora.

ABSTRACT

The present documents thesis it contains the tactics of the DMAIC that are strategies for the good attention to the client, improvement of the processes and for the whole personnel that is immersed in this project of improvement. For it there is you I divide in the following chapters.

In the first **CHAPTER (I)** they are conceptualized a series of aspects that you/they are focused to the Industrial Engineering in what concerns to quality, production, standard times, efficiency, innovation, new work methods, technology and many other concepts that make that every day the productivity is a point of care in the companies.

In the second **CHAPTER (II)** all the information is gathered on the initial situation of the Industrial Mechanics" GONZA", microenterprise dedicated to the production and benefit of services, that is to say from the rent of the hydraulic press until the production of self-driven reserves and industrial machines. The machinery increase brought I get a space increment, unfortunately the local of the microenterprise is not own, this makes that it doesn't have a plant distribution, the processes are not standardized, the personnel this unmotivated, preventing to fulfill the quality and the good attention to the client.

It is for this reason that in the **CHAPTER (III)** the methodology DMAIC was implemented, you proceeded to propose and to design an in agreement procedure to the characteristics and necessities of the microenterprise that it negotiates the quality of products and services so that it is avoided complaints and dissents on the part of the clients.

In the **CHAPTER (IV)** it is evaluated the impact of improvement of the productivity and quality of the processes that were taken into account for the project of improvement.

INTRODUCCIÓN

"Sucedió hace muchos años en San Francisco, un pescador estaba costurando los agujeros de una red de pesca. La red era bastante grande y la había acomodado a lo largo del puerto. Un hombre lo observó, notando que daba mucha atención hasta a los agujeros más pequeños, reparando cada uno en su respectivo turno. Cuando se tomó un descanso se acercó a él y le preguntó: ¿Por qué tiene que reparar todos los agujeros, hasta los más pequeños? El respondió: "A los peces solamente les hace falta un pequeño agujero para poder escapar".

La perfección es algo imposible de lograr todo el tiempo, es un ideal encomiable que debemos mantener siempre en mente. Si nos proponemos un objetivo del 80% o el 70%, nunca esperemos llegar al 95% o 98%. Como el pescador explicó, hasta la más pequeña imperfección afecta un esfuerzo completo. El mundo empresarial funciona de manera similar. Lo que puede parecer una pequeña imperfección o defecto en un departamento afecta, tanto a tu producto como a tu servicio.

El emplear las tácticas específicas de seis sigma utilizando el sistema denominado DMAIC, para traer orden al caótico y estresante ambiente de trabajo, no es tarea simple. Sin embargo la gerencia y la filosofía seis sigma tiene el formidable trabajo de diseñar un nuevo enfoque cultural para los procesos de trabajo, busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variación de cualquier proceso. Aunque a muchas personas les ha costado entender, una de las grandes enseñanzas del Dr. Deming fue buscar el control de variación de los procesos lo cual es medido por medio de la desviación estándar.

Para la mejora de la productividad DMAIC, provee una medición común, así como objetivos comunes y sobre todo promueve el trabajo en equipo. Adicionalmente combina objetivos agresivos con un método y un conjunto de herramientas, que se aplican a través de todo el ciclo de vida del proceso o servicio.

Todas las empresas deberían mantener un nivel de calidad cerca de la perfección que les permitan hacer frente a las solicitudes de sus clientes de manera rápida y oportuna; con la materia prima necesaria para la producción, procesos eficientes, empleados eficaces y estar atento al punto de vista del cliente, ya que se puede hacer cosas tan simples como una llamada telefónica para saber si el cliente está satisfecho. Todo esto

es importante para la mejora, como nos mencionó el pescador que se debe cuidar hasta el mínimo detalle, pequeñas cosas hacen la diferencia.

El presente trabajo estudió los procesos de la mecánica “GONZA”, la cual presentaba inconvenientes en la producción, el trabajo estaba desorganizado e informal, creando insatisfacción en los clientes, dañando la imagen de la empresa, incluso llevando a la pérdida de clientes importantes quienes reclamaban por la demora en la entrega de los productos, falta de mantenimiento preventivo a las maquinas herramientas, entre otros aspectos que a diario se presentaban.

Para poder reestructurar el actual proceso fue necesario analizar la microempresa de manera profunda, especialmente en las áreas de Torno, Fresadora y Cepillo o Limadora, que es donde se produce las entradas de materia prima y salidas de productos terminados. Para este análisis se hizo uso de la observación directa en cada puesto de trabajo y se ejecutaron encuestas que permitieron obtener información de interés con respecto al tema en estudio.

Una vez analizados estas áreas fue necesario investigar el proyecto seis sigma utilizando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), de manera que no incumpla ninguna fase al momento de la aplicación, para lo cual se trabajó con investigación documental en textos acorde con el tema y sitios en Internet; con estas herramientas se comenzó a elaborar el flujo de procesos que están inmersos en la productividad de la micorempresa. Con este flujo elaborado, se implementó **DMAIC** en la mecánica industrial “GONZA”.

ANTECEDENTES

La mecánica industrial “GONZA” inició su labor con trabajos de cerrajería: protecciones para ventanas; mesas, escritorios, ventanas en hierro o aluminio, vitrinas, portones manuales y automáticos, etc. Todo esto lo realizaba con una suelda de corriente alterna, taladro pedestal, un esmeril y una pulidora. Se encontraba ubicada en la Lucila Benalcázar y Teodoro Gómez de Torre. El representante legal es el Sr. Gonzalo Urcuango.

En el año 2001 opta por realizar procesos más técnicos, adquiere un torno que es una máquina herramienta para la elaboración de elementos o partes automotrices.

La necesidad y requerimientos de los clientes en el año 2004 hace que se implemente más maquinaria: un Torno, una Fresadora y una Soldadora de corriente continua. Los productos que elabora con estas máquinas son: engranes de bronce, aluminio, teflón, poleas de hierro fundido, aluminio, acero, pernos, tuercas, tornillos sin fin, coronas, cortadoras y molinos de carne, caladoras de madera, etc.

Para el 2006 adquiere una cepilladora que es un complemento de la fresadora, sirve para la elaboración de engranes internos, chaveteros, cepillado de múltiples, cabezotes de motores, etc. En el año 2009 adquiere una prensa hidráulica necesaria para sacar o encajar piezas a presión.

Al momento se encuentra ubicado en la avenida Cristóbal de Troya 9-59 y Fray Vacas Galindo de la ciudad de Ibarra. El gerente propietario tiene como visión en un lapso de cinco años edificar su propio local en la avenida Tafur y Lucila Benalcázar. Misión mejorar continuamente sus procesos para ofertar productos y servicios de excelente calidad, capacitando a sus trabajadores y cuidando el medio ambiente.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La microempresa "GONZA" tiene implementado procesos de: torno, fresadora, cepilladora, soldas especiales y el servicio de prensa hidráulica. Desde hace algunos meses atrás, los inconvenientes en la mecánica se han incrementado, la inconformidad de los clientes internos y ciertos externos con respecto a la calidad en los productos y servicios, se hacía presente.

La investigación realizada permitió evidenciar que la mecánica "GONZA", no presenta procedimientos que permitan analizar y practicar un control de calidad de primer nivel, lo cual provoca problemas como demora en los tiempos de entrega, falta de stock de materiales, maquinaria parada o dañada, equipos de medición obsoletos y posibilidad de deterioro de la imagen de la empresa, lo cual trae consigo problemas financieros para la empresa, e incluso pérdida de clientes. Además la preocupación de los operarios de las maquinarias que su trabajo lo hacen en forma empírica ya que no ha recibido capacitación referente a los procesos y la buena atención al cliente. Esto ha generado a tener clientes internos insatisfechos.

Por medio de conversaciones con el Gerente de la mecánica, se constató que no se ha realizado un estudio profundo en lo que respecta a la calidad de sus productos y servicios, por lo cual no se ha diseñado ni ejecutado ningún procedimiento formal que

funcione de base para la administración de las actividades respectivas de manera que el flujo operativo se mantenga en niveles óptimos.

Esta gestión informal, sin hacer uso de un procedimiento o control adecuado de calidad impide satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos, dando como resultado el incumplimiento de metas y objetivos operacionales establecidos. La carencia de capacitación al recurso humano del departamento correspondiente, son las principales causas de la disminución de la productividad, es un problema que preocupa de sobremanera a la microempresa "GONZA", principalmente porque está poniendo en peligro la vida útil de sus máquinas herramientas y la imagen ya posicionada en el mercado.

OBJETIVOS

Objetivo General

- ❁ Implementar la metodología DMAIC, mediante habilidades y destrezas del equipo de trabajo para mejorar la productividad y calidad de la microempresa "GONZA".

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre los principios teóricos en que se fundamenta el sistema DMAIC para el mejoramiento de la calidad.
- Levantar información y analizar la situación inicial de productividad y calidad, para identificar las variables de mejora de los procesos más importantes.
- Aplicar el sistema DMAIC, mediante métodos y herramientas estadísticas, para asegurar las características de calidad establecidas del producto de la mecánica "GONZA".
- Verificar el mejoramiento productivo para alcanzar los objetivos y metas planteadas.

JUSTIFICACIÓN

Se ha considerado necesario realizar esta investigación con el propósito de evaluar y mejorar los niveles de calidad y productividad. Con la implementación del sistema DMAIC, permitirá dar soluciones a los procesos críticos, cumpliendo con todos los requerimientos de los clientes internos y externos.

Para los beneficiarios directos, empleador, empleados conseguirán un tener mejor nivel de organización, con procesos eficientes, condiciones ambientales favorables y una acertada capacitación. En cuanto a los beneficiarios indirectos recibirán un mejor servicio con productos de un nivel superior que la competencia.

También es importante porque genera impacto social, mejorando la calidad de vida de las personas, mejora la imagen de la fábrica y en lo financiero aumentando la rentabilidad para la microempresa.

Además cabe resaltar que la investigación está respaldada en la disposición que ha manifestado el Gerente propietario de la mecánica industrial “GONZA” de apoyar en todo momento el estudio, puesto que su preocupación es tratar de conseguir una cartera de clientes satisfechos, que se conviertan en portavoces de la calidad de su microempresa.

HIPÓTESIS

Mediante la implementación de la herramienta DMAIC se pretende alcanzar el mejoramiento de la productividad en la microempresa y con esto mantener la fidelidad y exceder las expectativas de los clientes.

DISEÑO METODOLÓGICO

MÉTODOS

Los métodos de investigación seleccionados, permitirán tener una idea más clara del problema de estudio, colaborando de manera directa en el planteamiento del problema, el direccionamiento de la investigación y el establecimiento de las soluciones al mismo. Los métodos utilizados fueron:

Por el origen: Método Deductivo: La investigación inicia basándose en la premisa de que la actual forma de producción en la mecánica “GONZA”, es deficiente y necesita ser reestructurada.

Por el nivel de conocimiento: Descriptiva.- El estudio contará con descripción de todos los aspectos negativos que hasta la fecha actual han sido los causantes de la baja productividad y de la misma manera se realizará el detalle de cada uno de aspectos positivos que se pueden mantener de los procesos actuales, además de las sugerencias que van a estar inmersas en el nuevo proceso.

Por el propósito: Aplicada.- El presente trabajo busca dar solución a los problemas de baja productividad de la empresa, mediante la estandarización de procesos para no solo mejorar la producción, sino también prevenir paralizaciones de máquinas y accidentes a los trabajadores. De esta manera se busca información que colabora con la aplicación de un proceso que se acople de una manera óptima a las necesidades de la empresa.

Por el método Inductivo: Porque se trata de que todo el personal de la microempresa forme parte y participe en la ejecución de la metodología DMAIC.

Por el análisis de la información: Tipo Cualitativa.- La investigación permitirá definir todas aquellas características y cualidades que debe tener un sistema DMAIC.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entrevista: Se realizará al gerente para recoger información que proporcionará datos para poder llevar a cabo la realización del banco de preguntas a aplicarse a los clientes tanto internos como externos de la mecánica y proponer esta metodología como una estrategia que ayudará a mejorar la calidad y competitividad en el mercado (ver anexo1 pág. 131).

Encuesta: Se procederá a encuestar a los clientes externos e internos para constatar los niveles de eficiencia que posee la empresa y mejorar los posibles problemas que afectan al sistema productivo (ver anexo 2 y 3 pág. 133 y 135).

Observación directa: Se procederá a observar las actividades diarias de los departamentos que directamente influyen en la rotación de materiales, como son: torno, fresadora, limadora, entre otras. Se conversará con el encargado de cada departamento (ver anexo pág. 143).

Recopilación Bibliográfica: Es importante para la ejecución de la metodología, para comparar los resultados obtenidos durante la aplicación y ejecución de la metodología.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	v
CONSTANCIAS.....	vi
DECLARACIÓN.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
ANTECEDENTES	xiii
DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	xiv
OBJETIVOS	xv
JUSTIFICACIÓN	xvi
HIPÓTESIS	xvi
DISEÑO METODOLÓGICO	xvi
MÉTODOS	xvi
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	xvii
INDICE DE CONTENIDOS	xviii
INDICE DE CUADROS	xxiii
INDICE DE GRAFICOS	xxiv
CAPÍTULO I.....	1
1. CONCEPTOS Y PRINCIPIOS TEÓRICOS	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Productividad.....	1
1.2.1 Productividad parcial	1
1.2.2 Productividad de factor total.....	2
1.2.3 Productividad Multifactorial o total	2
1.3 Eficacia	2
1.4 Eficiencia	2
1.5 Efectividad	3
1.6 Definiciones de Calidad.....	3
1.6.1 Calidad de diseño.....	3
1.6.2 Calidad de conformancia.....	3
1.6.3 Disponibilidad	3
1.6.4 Servicio técnico	4

1.6.5 Calidad de vida del trabajador.....	4
1.6.6 Calidad en las compras.....	4
1.6.7 Calidad en la producción.....	4
1.6.8 Dimensiones de la calidad	5
1.6.9 Mejoramiento de la calidad	5
1.6.10 Ruta de la calidad.....	5
1.7 Orígenes del Sistema Seis Sigma	6
1.7.1 Historia de Seis Sigma	8
1.7.2 Características de Seis Sigma	9
1.7.2.1 Seis Sigma: El modelo Estadístico	9
1.7.2.2 Seis Sigma: El Proceso de Mejora.....	10
1.8 Los principios de Seis Sigma	10
1.8.1 Enfoque genuino en el cliente.....	10
1.8.2 Dirección basada en datos y hechos	11
1.8.3 Los procesos están donde está la acción.....	11
1.8.4 Dirección proactiva.....	11
1.8.5 Colaboración sin barreras	11
1.8.6 Busque la perfección.....	11
1.9 Beneficios.....	11
1.10 Tácticas de la calidad.....	12
1.10.1 Fases de Implementación	12
1.10.1.2 Definir	13
1.10.1.3 Medir.....	13
1.10.1.4 Analizar.....	13
1.10.1.5 Implementar o mejorar	14
1.10.1.6 Controlar.....	14
1.11 Herramientas estadísticas de la calidad	15
1.11.1 Herramientas utilizadas en la fase de DEFINICIÓN	15
1.11.1.1 Diagrama de flujo	15
1.11.1.2 Diagrama SIPOC.....	15
1.11.2 Herramientas utilizadas en la fase de MEDICIÓN.....	15
1.11.2.1 Hoja de control (Hoja de recogida de datos)	15
1.11.2.2 Estudio de capacidad.....	16
1.11.2.2 Histograma	16
1.11.2.3 Diagrama de scadter.....	16
1.11.3.4 Estudio R&R.....	16
1.11.3 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de ANÁLISIS	17
1.11.3.1 Diagrama de causa efecto	17
1.11.3.2 Diagrama de Pareto	17
1.11.3.3 Análisis modal de fallos y efectos	17

1.11.4 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de Implementación	18
1.11.4.1 Manual de calidad	18
1.11.4.2 Diseño de experimento	18
1.11.4.3 Las 5's.....	18
1.11.5 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de CONTROL	19
1.11.5.1 Tiempo Estándar	19
1.11.5.2 Planes de control.....	19
1.11.5.3 Gráfica de control	19
CAPÍTULO II.....	20
2. SITUACIÓN INICIAL DE PRODUCTIVIDAD DE LA MICROEMPRESA	20
2.1 Antecedentes de la microempresa.....	20
2.1.1 Identificación de los Procesos de la Microempresa.....	20
2.1.1.1 Proceso Macro	20
2.1.1.1.1 Torneado	20
2.1.1.1.2 Fresado	21
2.1.1.1.3 Cepillado	21
2.1.1.1.4 Soldadura	21
2.1.1.2 Proceso Macro	21
2.1.1.2.1 Descripción de las actividades para el proceso de torneado.....	21
2.1.1.2.1.1 Diagrama de Proceso en funcionamiento de las Actividades.....	23
2.1.1.2.1.2 Diagrama SIPOC (Torneado de Bocines de Bronce).....	25
2.1.1.2.2 Descripción de las actividades para el proceso de fresado:Proveedor/es de M.P.....	26
2.1.1.2.2.1 Diagrama de proceso en Función de las actividades	27
2.1.1.2.2.2 Diagrama SIPOC (Frasado en Engranés de Teflon)	29
2.1.1.2.3 Descripción de las actividades para el proceso de cepillado.....	30
2.1.1.2.3.1 Diagrama de Proceso en Función de las actividades.....	31
2.1.1.2.3.2 Diagrama SIPOC (Cepillado de Engranés Internos)	33
2.1.1.2.4 Descripción de las actividades para el proceso de soldadura.....	34
2.1.1.2.4.1 Diagrama en proceso en Función de las Actividades.....	35
2.1.1.2.4.1 Diagrama SIPOC (Soldadura en Aros de Aluminio)	37
2.1.2 Determinación de los requisitos de clientes.....	38
ANÁLISIS ENCUESTAS A CLIENTES EXTERNOS	39
ANÁLISIS DE ENCUESTAS A CLIENTES INTERNOS	45
2.1.3 Medición de la Productividad de la Microempresa	56
2.1.3.1 Torneado (Bocines De Bronce Para Caja De Dirección).....	56
2.1.3.2 Fresado (Engranés Externos Para Motor De Plumás)	57
2.1.3.3 Cepillado (Engranés Internos Para Volante).....	59
2.1.3.4 Soldadura (En Aros De Aluminio)	60
2.1.4 Medición de nivel sigma de los procesos.....	62
2.1.4.1 Nivel de Calidad del torneado	62

2.1.4.2 Nivel de Calidad del fresado	66
2.1.4.3 Nivel de Calidad del cepillado	69
CAPITULO III.....	74
3. IMPLEMENTAR LA METODOLOGIA DMAIC PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD	74
3.1 Justificación de la propuesta	74
3.2 Objetivo de la propuesta	74
3.2.1 Objetivo General	74
3.2.2 Objetivos Específicos	74
3.3 Descripción de la Aplicación	75
3.3.1 Definir el proyecto (D)	75
3.3.2 Medir la situación actual (M)	75
3.3.3 Analizar las causas raíz (A).....	75
3.3.4 Mejorar las VCC (M).....	75
3.3.5 Controlar para mantener la mejora (C)	76
3.4 Aplicación de la metodología DMAIC.....	76
3.4.1 Fase DEFINIR (D)	76
3.4.1.1 Registro e identificación de clientes potenciales	77
3.4.1.2 Diagrama de flujo del proceso	78
3.4.1.3 Descripción del proceso	79
3.4.1.4 Selección de las variables críticas para la calidad.....	79
3.4.1.5 Técnica despliegue de función de la calidad (DFC o QFD).....	80
3.4.1.6 Variables de salida	81
3.4.2 Fase MEDIR (M)	81
3.4.2.1 Registro de Datos.....	82
3.4.2.2 Recolección de Datos	82
3.4.2.3 Estudio de capacidad.....	83
3.4.2.3.1 Evaluación de los datos	83
3.4.2.3.1.2 Graficar capacidad	86
3.4.3 Fase ANALIZAR (A)	88
3.4.3.1 Realizar Análisis de Causa- raíz mediante la técnica de los porqués	88
3.4.3.2 Estudio R& R.....	89
3.4.4 Fase MEJORAR O IMPLEMENTAR (I)	93
3.4.4.1 Lluvia de ideas de posibles de alternativas de solución	93
3.4.4.2 Técnica de creatividad	94
3.4.4.3 Plan de implementación de soluciones.....	95
3.4.4.4 Implementación del Manual procedimientos para el proceso de torneado, fresado cepillado	95
3.4.4.5 Responsables del área.....	96
3.4.4.6 Políticas	96
3.4.4.7 Descripción de las actividades.....	97

3.4.4.8 Diagramas De Flujo.....	99
3.4.4.8 Controles	101
3.4.4.10 Formatos	101
3.4.4.10.1 Registro de clientes.....	101
3.4.4.10.2 Registro de proveedores	102
3.4.4.10.3 Orden de Compra.....	102
3.4.4.10.4 Orden de trabajo	103
3.4.4.10 Estándares	104
3.4.4.10.1 Ficha Diseño	104
3.4.4.10.2 Ficha de producción	105
3.4.4.10.3 Ficha descriptiva	106
3.4.4.10.4 Ficha técnica	107
3.4.4.11 Terminología.....	108
3.4.4.12 Registro de nuevos datos	110
3.4.4.13 Evaluar el impacto de mejora.....	112
3.4.5 Fase CONTROLAR.....	113
3.4.5.1 Estandarización de los procesos	113
3.4.5.2 Documentación	119
3.4.5.3 Monitoreo	120
CAPITULO IV	123
4. CUADROS COMPARATIVOS DEL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO	123
4.1 Nivel de calidad inicial y final.....	123
4.2 Productividad inicial y final	124
4.3 Costos de la implementación	125
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA.....	128
ANEXOS.....	130
ANEXO 1	131
ANEXO 2	133
ANEXO 3	135
ANEXO 4	137
ANEXO 5	138
ANEXO 6	139
ANEXO 7	141
FOTOS	142

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Niveles Sigma.....	7
Cuadro 2: Diagrama de Proceso (torneado de bocines de bronce)	23
Cuadro 3: Diagrama SIPOC (Torneado).....	25
Cuadro 4: Diagrama de Proceso (fresado de engranes de teflón para motor de plumas).....	27
Cuadro 5: Diagrama SIPOC (Fresado).....	29
Cuadro 6: Diagrama de Proceso (cepillado de engranes internos de acero).....	31
Cuadro 7: Diagrama SIPOC (Cepillado)	33
Cuadro 8: Diagrama de proceso (soldadura en aros de aluminio)	35
Cuadro 9: Diagrama SIPOC (soldadura)	37
Cuadro 10: Parámetros de Satisfacción	54
Cuadro 11: Productividad Mono (Torneado).....	56
Cuadro 12: Productividad Multifactorial (Torneado).....	57
Cuadro 13: Productividad Mono (Fresado).....	57
Cuadro 14: Productividad Multifactorial (Fresado).....	58
Cuadro 15: Productividad Mono (Cepillado)	59
Cuadro 16: Productividad Multifactorial (Cepillado).....	60
Cuadro 17: Productividad Mono (soldadura)	60
Cuadro 18: Productividad Multifactorial (soldadura)	61
Cuadro 19: Para determinar el tamaño de muestra(n)	62
Cuadro 20: Datos de muestras de torneado	63
Cuadro 21: Para determinar el tamaño de muestra del fresado.....	66
Cuadro 22: Datos de muestras de fresado	66
Cuadro 23: Para determinar el tamaño de muestra del cepillado.....	69
Cuadro 24: Datos de muestras de cepillado	70
Cuadro 25: Indicadores de la parte inicial.....	72
Cuadro 26: Variables críticas para la calidad (VCC).....	79
Cuadro 27: Relación entre prioridades y los subprocessos de engranes de acero.	80
Cuadro 28: Variables de salida de los procesos.....	81
Cuadro 29: Para determinar el tamaño de muestra del torneado, fresado y cepillado.	82
Cuadro 30: Datos de muestras del proceso completo	83
Cuadro 31: Repetibilidad y reproducibilidad	89
Cuadro 32: Análisis del estudio R&R	91
Cuadro 33: Matriz de prioridad para seleccionar las mejores soluciones	94
Cuadro 34: Mejora del nivel Sigma.	110
Cuadro 35: Matriz de mejora.....	112
Cuadro 36: Calificación de velocidad.....	116
Cuadro 37: Tiempo normal.....	116

Cuadro 38: Tolerancias fijas.....	117
Cuadro 39: Jornada efectiva de trabajo	117
Cuadro 40: Fatiga y necesidades personales.....	117
Cuadro 41: Normalización de tolerancias	118
Cuadro 42: Tiempo estándar.....	118
Cuadro 43: Hoja de procedimiento	119
Cuadro 44: Cartas de medias y rangos móviles (\bar{X} , R)	120
Cuadro 45: Capacidad del proceso inicial y final	123
Cuadro 46: Productividad inicial y final	124
Cuadro 47: Costos de implementación	125

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Calidad de servicio	39
Grafico 2: Factor para preferir la mecánica.....	40
Grafico 3: Quejas y sugerencias.	41
Grafico 4: Calidad en áreas de producción.....	42
Grafico 5: Aspectos que disgustan.	43
Grafico 6: Aspectos de mejora	44
Grafico 7: Nivel de educación	45
Grafico 8: Satisfacción en área de trabajo	46
Grafico 9: Responsabilidad en el área	47
Grafico 10: Condiciones del ambiente de trabajo	48
Grafico 11: Comunicación interna	49
Grafico 12: Recibe información necesaria	50
Grafico 13: Coordinación con áreas.....	51
Grafico 14: Capacitación	52
Grafico 15: Motivación al personal.....	53
Grafico 16: Permanencia.....	54
Grafico 17: Requisitos del cliente (VCC).....	55
Gráfico 18: Diagrama de flujo del proceso completo.	78
Gráfico 19: Capacidad del proceso (diámetro externo).	86
Gráfico 20: Capacidad del proceso (diámetro interno).	87
Gráfico 21: Diagrama de Flujo del proceso estándar.....	100
Gráficos 22: En minitab de Carta medias(\bar{X}), para el diámetro externo e interno	122

CAPÍTULO I

1. CONCEPTOS Y PRINCIPIOS TEÓRICOS

1.1 Introducción

En este capítulo se conceptualizan una serie de aspectos que se enfocan a la Ingeniería Industrial en lo que respecta a Productividad, sabemos que hoy día no es competitivo quien no cumple con (calidad, producción, bajos costos, tiempos estándares, eficiencia, innovación, nuevos métodos de trabajo, tecnología) y muchos otros conceptos que hacen que cada día la productividad sea un punto de cuidado en los planes a largo y corto plazo.

La obtención de este objetivo, no solo es importante desde el punto de vista de la competencia, sino también para la satisfacción de las necesidades humanas. Estas necesidades humanas evolucionan constantemente, hay cada día mayor demanda de mejor precisión, más exactitud, intercambiabilidad, confort, etc. y lo que hoy acepta el consumidor, mañana puede rechazarlo, pues esta demanda de la cual estamos hablando, se perfecciona día a día.

El mejoramiento continuo de la calidad y productividad permite a una organización ser más competitiva, dando un mejor producto y servicio, conservando los clientes actuales y atrayendo los clientes potenciales, esto conlleva a un incremento de mercado que favorecerá el desarrollo futuro de la empresa y por ende el bienestar de las personas que la integra.

1.2 Productividad

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento.(PORTER, 1990, pág. 43)

1.2.1 Productividad parcial

Es la razón entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo (mano de obra, energía, capital, materia prima).

$$\mathbf{P. parcial} = \frac{\text{producción total}}{\text{insumos}}$$

1.2.2 Productividad de factor total

Es la razón de la producción neta entre la suma de los insumos mano de obra y capital

$$\mathbf{P.f.t} = \frac{\text{producción neta}}{\text{mano de obra} + \text{capital}}$$

Donde producción neta = producción total – servicios y bienes intermedios comprados.

1.2.3 Productividad Multifactorial o total

Es la razón entre la producción total y la suma de todos los factores de insumo. Estas definiciones se manejan normalmente en unidades monetarias.

$$\mathbf{P. multifactorial} = \frac{\text{producción}}{\text{humano} + \text{material} + \text{capital} + \text{energía}}$$

(ESCORCHE, 1990, pág. 192)

1.3 Eficacia

Es una medida normativa del logro de los resultados. Puede medirse en función de los objetivos logrados.

(CHIAVENATO, Administración de Recursos Humanos, 2005, pág. 32)

1.4 Eficiencia

Consiste en la medición de los esfuerzos que se requieren para alcanzar los objetivos, es la utilización óptima de los recursos disponibles. (CHIAVENATO, Administración de Recursos Humanos, 2005, pág. 35)

1.5 Efectividad

Es la capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado. (PORTER, 1990, pág. 45)

1.6 Definiciones de Calidad

La definición tradicional se basa en el punto de vista de que los productos y servicios deben cumplir con los requerimientos de quien los usa. En la adecuación para el uso se distinguen dos aspectos generales: calidad del diseño y calidad de conformidad.

La definición moderna es inversamente proporcional a la variabilidad. Obsérvese de que esta definición implica que si la variabilidad de las características importantes de un producto disminuye, la calidad del producto aumenta. (JAMES & Lindsay, 2008, pág. 32)

1.6.1 Calidad de diseño

Aquí se determina el producto y/o servicio a producir y cómo hacerlo. Así como los materiales que se utilizarán en su realización y los procedimientos. La calidad de diseño es básicamente la adecuación del producto y/o servicio a las necesidades y requerimientos del consumidor, como también una planeación a conciencia del producto y/o servicio que pensamos ofrecer a la comunidad. (JURAN J. M., 1996, pág. 10)

1.6.2 Calidad de conformancia

Se refiere básicamente al grado en que el producto o servicio cumple con las especificaciones establecidos por el diseño y los estándares o normas de calidad. En este concepto la frase de “hacer las cosas bien a la primera vez” queda perfectamente, ya que esta calidad de conformancia se enfoca a la manera de hacer las cosas; con los materiales correctos, maquinaria y equipo en buen estado, personal capacitado y motivado, etc. (JURAN J. M., 1996, pág. 10)

1.6.3 Disponibilidad

Se define durante el uso del producto y tiene que ver con su desempeño y vida útil. Si falla una semana después de su compra se dice que no tiene buena disponibilidad aunque haya sido la mejor opción de compra, debe asegurarse de que el producto una vez recibido por el usuario proporcione bien el servicio en forma continua y confiable en caso de mantenimiento este debe ser sencillo de realizarse con instrucciones fáciles y amigables. (JURAN J. M., 1996, pág. 10)

1.6.4 Servicio técnico

Tiene que ver con el factor humano, debe tener una velocidad de respuesta óptima, competencia y ser íntegro, que los empleados estén bien capacitados y den confianza al cliente. (JURAN J. M., 1996, pág. 10)

1.6.5 Calidad de vida del trabajador

Tenemos que proveer a los trabajadores de todos los niveles, un clima organizacional óptimo, ya que de eso depende el buen desempeño de los trabajadores.

Para que se dé un agradable clima organizacional, debe contarse con un líder que asesore a los trabajadores, pero también tener muchísimo cuidado de este líder no se convierta en un capataz, ya que esto afectará en el nivel de desempeño de los trabajadores y sentirán limitada su capacidad para tomar decisiones. (DURAN, 1992, pág. 79)

1.6.6 Calidad en las compras

Es necesario asegurar la calidad en las compras para garantizar que los productos o servicios adquiridos cumplan los requisitos necesarios. La mejor forma de garantizar la calidad en productos y servicios es basarse en la responsabilidad del proveedor, para fabricar un buen producto y aportar las pruebas de calidad correspondientes.

Los tres principales factores en la decisión de una compra son: a) la calidad del producto; b) el servicio que da el producto; y c) el precio que se paga por el producto. (Juran J. M., 1990, pág. 132)

1.6.7 Calidad en la producción

Las empresas cada vez más están comprometidas a contar con procesos de producción que les garantice, no solamente optimización en sus actividades que conlleve a desarrollar, fabricar productos de calidad, que realmente sean competitivos, satisfagan las necesidades y exigencias que los consumidores demandan para poder garantizar los beneficios que se esperan obtener de acuerdo a las metas fijadas y estrategias establecidas. Es realizar las actividades necesarias para asegurar que se obtiene y mantiene la calidad requerida, desde el diseño del producto que es llevado a la fábrica, hasta que es entregado el producto al cliente para su utilización. (JURAN J. M., 1993, pág. 267)

1.6.8 Dimensiones de la calidad

Existen varias maneras de evaluar la calidad de un producto. Con frecuencia es de suma importancia distinguir estas ocho dimensiones de la calidad:

1. Desempeño: ¿Servirá el producto para el fin proyectado?
2. Confiabilidad: ¿Con qué frecuencia falla el producto?
3. Durabilidad: ¿Cuánto tiempo dura el producto?
4. Facilidad de servicio: ¿Qué tan fácil es reparar el producto?
5. Estética: ¿Cómo luce el producto?
6. Características incluidas: ¿Qué hace el producto?
7. Calidad percibida: ¿Cuál es la reputación de la compañía o de su producto.
8. Conformidad con los estándares: ¿El producto se fabrica exactamente como lo proyectó el diseñador?. (JAMES & Lindsay, 2008, pág. 195)

1.6.9 Mejoramiento de la calidad

El mejoramiento es la reducción de la variabilidad en procesos y producto. La variabilidad excesiva en el desempeño de los procesos suele resultar en desperdicio. Por ejemplo, considérese el desperdicio de dinero, tiempo y esfuerzo que se asocia con un mal producto.

(JAMES & Lindsay, 2008, pág. 6)

1.6.10 Ruta de la calidad

La ruta de la Calidad es un procedimiento para solucionar problemas. La solución para un problema es mejorar el resultado deficiente hasta lograr un nivel razonable. Las causas de los problemas se investigan desde el punto de vista de los hechos y se analiza con precisión la relación causa efecto. Se evitan estrictamente las decisiones sin fundamento basadas en la imaginación o en la teoría desde un escritorio, debido a que los intentos de solucionar los problemas con base en decisiones orientan en direcciones equivocadas, lo cual lleva al fracaso o a demorar la mejora.

El diseño y la implementación de medidas contrarrestan el problema para evitar que los factores causales vuelvan a presentarse. Este procedimiento es una especie de recuento o representación de las actividades del aseguramiento de la calidad y por eso la gente la llama "la ruta de la calidad".

Un problema se soluciona de acuerdo con los siguientes pasos:

- a) Problema: Identificar el problema.
- b) Observación: Reconocimiento de las características del problema.
- c) Análisis: Búsqueda de las principales causas.
- d) Acción: Acción para eliminar las causas.
- e) Verificación: Confirmación de la efectividad de la acción.
- f) Estandarización: Eliminar permanentemente las causas.
- g) Conclusión: Revisión de las actividades y planeación del trabajo futuro.

Estos pasos se clarifican e implementan en el mismo orden, las actividades de mejora serán lógicamente consistentes y se acumularán establemente. (HITOSHI, 2002, pág. 193)

1.7 Orígenes del Sistema Seis Sigma

Sigma es la letra griega del alfabeto, utilizada para denotar la desviación estándar, una medida estadística de la variación, las excepciones a las respuestas esperadas. La desviación estándar puede ser concebida como los resultados esperados o productos de un grupo de operaciones, versus aquellos que fallan.

La medida de la desviación estándar muestra el radio de defectos, o excepciones que son medibles. Seis Sigma es la definición de respuestas o productos cerca de la perfección. Con seis desviaciones estándar, llegamos a 3.4 defectos por millón de oportunidades, en otras palabras: 99.9997% de eficiencia.

Esto significa que Seis Sigma, en una aerolínea solamente perdería tres maletas de equipaje por cada millón de maletas recibidas; o que una compañía telefónica solamente tendría tres clientes insatisfechos por cada millón que utilizan el teléfono ese día. El propósito de evaluar los defectos no es eliminarlos completamente, es buscar la mejora al mayor nivel posible, es una meta deseable que representa un modelo en función al cual podemos medir nuestra eficiencia.

Cuadro 1: Niveles Sigma

Rendimiento %	Nivel de calidad sigma	DPMO
31,0000%	1,00415	690000
50,0000%	1,50000	500000
70,0000%	2,02440	300000
84,0000%	2,49446	160000
93,3200%	3,00006	66800
97,7300%	3,50093	22700
99,3800%	4,00055	6200
99,8700%	4,51145	1300
99,9770%	5,00303	230
99,9970%	5,51281	30
99,9997%	6,02639	3

Fuente: (ESCALANTE, 2006)

Se puede identificar el nivel de eficiencia Seis Sigma y compararlo con la tabla. Es ahí cuando se puede percibir los beneficios del Seis Sigma, comparando la respuesta de sus procesos versus la eficiencia ideal de Seis Sigma, y se puede determinar el nivel de calidad de manera personal.

Por ejemplo: Un departamento realiza 535 operaciones específicas el último mes. De estas, 43 fueron defectuosas (cayeron fuera del rango aceptable). Esto significa que 492 operaciones fueron exitosas (535 – 43 = 492). La eficiencia fue:

$$\frac{492}{535} = 91.9\%$$

Si buscamos en la tabla anterior, podemos determinar que la eficiencia del proceso en términos de Sigma, se encuentra entre 2.5 y 3. Si se pudiese reducir el número de defectos a la mitad, terminando con 21, el número éxitos subiría a 514 de 535, y la eficiencia del proceso se incrementaría a:

$$\frac{514}{535} = 96.1\%$$

Ahora el Sigma se encuentra entre 3 y 4, y se ha logrado una mejora significativa. Por supuesto, si se reducen los defectos en la mitad, se puede saber de manera inmediata que los resultados del proceso han mejorado más allá de un simple indicador de control.

Como demuestra el ejemplo anterior, la mejora en la calidad puede ser medida de manera específica. En la práctica se puede lidiar con volúmenes más grandes de resultados de procesos, y la variación incremental de éxitos será probablemente más pequeña de la mostrada en el ejemplo; por eso y más, Seis Sigma está más allá de ser un simple sistema de medición. Es una forma de hacer las cosas, un cambio en la cultura organizacional que está diseñado para crear equipos de trabajo a lo largo de la compañía (en términos más prácticos). A medida que avanzan los aspectos de control del Sistema Seis Sigma, uno puede iniciar con la hipótesis de que un cambio en procedimientos, producirá cambios esperados en los resultados, luego se pueden comparar con los resultados proyectados para poder juzgar el éxito del trabajo.

Cabe recalcar que lo que hace diferente a Seis Sigma diferente del resto de programas de control de calidad, es que Seis Sigma es más que una forma de hacer las cosas para mejorar la eficiencia, es un método para cambiar la cultura corporativa, desde abajo (sector operativo) para arriba (gerencia). (WHEAT, Chucks, & Carnell, 2003, pág. 52)

1.7.1 Historia de Seis Sigma

El concepto de Seis Sigma comenzó en Motorola en los años ochenta. Un ingeniero llamado Michael Harry, que comenzó a analizar la variación de los resultados de los procesos internos en la organización, se dio cuenta que midiendo la variación, sería posible mejorar los sistemas de trabajo. Sin embargo, mientras otros sistemas de calidad eran diseñados solamente para medir eficiencia, la idea de Seis Sigma que creció de la idea original de Harry, era diferente.

En unos pocos años, la misma idea fue tomada por General Electric y AlliedSignal. General Electric decidió en 1995 implementar Seis Sigma en toda su organización. El Gerente Jack Welch dirigió a la organización a lo largo de la implementación en varias divisiones de General Electric, mostrándose mejoras impresionantes en la calidad. Las estimaciones de ahorros en costo en los primeros dos años de aplicación de Seis Sigma, fueron de 320 millones de dólares, y más de un billón para 1999. Debe tomarse en cuenta que los ahorros en lo referente a costos, son un aspecto importante del control de

calidad, pero no el único, un programa de calidad efectivo, que recompensa a la larga a la empresa, requiere más trabajo.

Existen muchos programas de calidad entre algunos podemos mencionar la ISO 9001:2000, TQC, TQM, y otros; que han sido implementados a lo largo de los años. Pero la mayoría falla después de un tiempo, debido a que los empleados pierden interés en el programa. Se vuelve obvio para los empleados, que el "control de calidad" realmente representa un intento de Gerencia de recortar los costos y gastos y dar más trabajo a su fuerza laboral. En otras palabras, el programa se aplica al trabajador, busca el incremento en la eficiencia y no en despidos. Con Seis Sigma, todos están comprometidos y se espera que todos cambien (para mejorar) como parte de un solo equipo. (WHEAT, Chucks, & Carnell, 2003, pág. 10)

1.7.2 Características de Seis Sigma

Existe una diferencia conceptual y diferencias del término multifacético Seis Sigma. Al respecto, es esencial aclarar la diferencia entre: Seis Sigma el modelo estadístico por un lado y por el otro Seis Sigma el proceso de mejora.

1.7.2.1 Seis Sigma: El modelo Estadístico

El modelo estadístico Seis Sigma busca (debido a sus creadores) servir con un triple propósito:

- Valor Estadístico Sigma. Se refiere a la universalidad del valor estadístico, la medida estadística de la variabilidad, denominada desviación estándar y llamada "sigma". Forma la base del modelo estadístico.
- Indicador Sigma. Este Sigma no es el mismo que la desviación estándar, pero directamente relacionado y provee una escala numérica de medición de la eficiencia.
- Comparador Sigma (Benchmark). Un valor Sigma de 6, utilizado por muchos practicantes de Seis Sigma, que representa la bien llamada "eficiencia de clase mundial" de 3.4 defectos por millón de oportunidades. (GOMEZ, Barrido, & TEJE, pág. 372)

1.7.2.2 Seis Sigma: El Proceso de Mejora

El proceso de mejora Seis Sigma también se constituye de tres elementos principales: Un enfoque de proyectos, Infraestructura Seis Sigma y el desarrollo de la competencia de la fuerza laboral Seis Sigma.

En el mundo de negocios actual, un enfoque de procesos es esencial siendo que todas y cada una de las actividades, funciones o tareas dentro de la organización pueden ser consideradas como un proceso. Al enfocarse en el proceso, un buen número de conceptos y principios deberían venir a la mente. Estos son:

- a) El enfoque de procesos hoy en día es de tipo preventivo y de mejora continua
- b) El proceso de mejora se enfoca en el cliente
- c) El proceso de mejora descansa en una estructura disciplinada
- d) El proceso tiene clientes internos (Ej. Receptores aguas abajo) y clientes externos (Ej. Receptores aguas arriba).
- e) Las expectativas del cliente son una guía para la mejora continua
- f) Todos los negocios están compuestos por procesos
- g) Todas las personas administran un proceso
- h) Todas las personas son simultáneamente proveedor y cliente de alguien.
- i) Todos los procesos tienen entradas y salidas
- j) Todos los procesos tienen recursos y controles
- k) Las características del proceso afectan los productos
- l) Los procesos tienen límites cruzados con otros procesos
- m) Los procesos son frecuentemente independientes de la estructura jerárquica organizacional

Esto conlleva a preguntas que deben ser respondidas en el análisis de un proceso: ¿Qué información puede ser utilizada de un proceso para controlarlo y mejorarlo?, ¿Cuál es la eficiencia del proceso?. (Martinez, 2003, pág. 9)

1.8 Los principios de Seis Sigma

1.8.1 Enfoque genuino en el cliente

El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.8.2 Dirección basada en datos y hechos

El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuales son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma, los problemas puedan ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan y no sus síntomas. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.8.3 Los procesos están donde está la acción

Seis Sigma se concentra en el procesos, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.8.4 Dirección proactiva

Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de tal manera en que se hacen. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.8.5 Colaboración sin barreras

Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.8.6 Busque la perfección

Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales. (MARTINEZ, 2007, pág. 137)

1.9 Beneficios

Aplicación de la metodología en diversas áreas de la empresa: finanzas, logística, ventas, sistemas, administración, etc., no restringiendo los trabajos a las áreas productivas de la empresa.

- ⊛ Posibilidad de toma de decisiones basadas en datos estadísticos.
- ⊛ Reducciones de costos, la mejora de la calidad de un proceso implica aumento de la rentabilidad para la empresa.
- ⊛ Busca el Modelo Ideal de Eficiencia de los sistemas.

- ⊗ Reducir al mínimo posible la variación natural de los procesos.
- ⊗ Procesos robustos, capaces de entregar lo que el cliente demanda.
- ⊗ Cambio de Cultura, mejora en las relaciones con los clientes.

(Slater & Welch, 2005, pág. 2)

1.10 Tácticas de la calidad

Existen cinco fases específicas sobre la aplicación de las tácticas de Seis Sigma. Estas son colectivamente conocidas como DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Este sistema táctico es el corazón de Seis Sigma, y seguir su secuencia determina el éxito de cada proyecto Seis Sigma.

La secuencia de DMAIC se puede resumir que moviéndose adelante con la fase Medir, el equipo puede descubrir que es necesario retornar a la fase Definir y hacer modificaciones. El mismo paso metódico ocurre de la fase Analizar para atrás a la fase Medir y nuevamente a la fase Mejorar y Analizar. En la fase Analizar el equipo puede también descubrir que es necesario retornar a la fase Definir y reposicionar parte de las premisas iniciales del proyecto.

Esta metodología es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.

Este sistema táctico es el corazón de Seis Sigma y seguir su secuencia determina el éxito del proyecto Seis Sigma. DMAIC es el acrónimo de Seis Sigma para:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

Un proyecto DMAIC tiene el objetivo de mejorar un sistema existente. (PLOTKIN, 2003, pág. 79)

1.10.1 Fases de Implementación

El proyecto Seis Sigma utiliza el sistema basado en 5 fases que son:

- ◆ Definición
- ◆ Medición

- ◆ Análisis
- ◆ Mejora (del inglés Improvement)
- ◆ Control

En esencia estos pasos suponen definir, medir, analizar con la finalidad de descubrir las causas raíz del problema mejorar y controlarlo para impedir que el problema se presente de nuevo. (MAYA, RODRIGUEZ, ROJAS, & ZAZUETA, 1996, pág. 69)

1.10.1.2 Definir

Debe definirse claramente en que problema se ha de trabajar?, porqué se trabaja en ese problema en particular?, quién es el cliente?, cuáles son los requerimientos del cliente?, cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad?, cuáles son los beneficios de realizar una mejora?

Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

1.10.1.3 Medir

El medir persigue dos objetivos fundamentales:

Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.

Nos permiten y facilitan identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística se hace fundamental. “La calidad no se mejora, a no ser que se la mida”.

1.10.1.4 Analizar

El análisis nos permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Las herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde estamos, no para justificar los errores.

Al respecto cabe acotar que el Diagrama de Pareto es a los efectos de darle prioridad a los factores que mayor importancia tienen en la generación de fallos o errores, pero no debe significar dejar de atender las demás causas. Al respecto Crosby señala que “a los numerosos pero triviales ni siquiera les hacen caso; les dejan que envenenen el producto o servicio para el consumidor. Consideran que no vale la pena dedicar tiempo a

solucionarlos. En cambio para un auténtico enfoque de cero defectos, todos los elementos son importantes”.

1.10.1.5 Implementar o mejorar

La fase de mejora implica el diseño, es muy importante la actividad de benchmarking a los efectos de detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras) formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

Identificar y verificar estadísticamente posibles soluciones. En esta etapa asume una preponderancia fundamental la capacidad creativa y la participación de todos quienes intervienen en los procesos.

1.10.1.6 Controlar

La última fase de DMAIC es control, que es la fase en la que se asegura que los procesos continúen trabajando bien, produzcan los resultados deseados, y mantengan sus niveles de calidad. Se deben tomar en cuenta cuatro aspectos específicos del control, los cuales son:

- **Normalización.** Una característica para el funcionamiento de un proceso sea controlado, es que sea normalizado.
- **Métodos de Control y Alternativas:** El desarrollo de nuevos procesos para cualquier proceso ya existente requiere el desarrollo de procedimientos para controlar los flujos de trabajo.
- **Control de Calidad:** El propósito final del control, es asegurar el cumplimiento total de los estándares de calidad. Como el propósito de mejorar el proceso completamente mediante la reducción de defectos, el control de calidad es un método esencial para mantener el proceso bajo control; para permitir identificar problemas y solucionarlos, y para juzgar cuán efectivamente el proyecto fue implementado y ejecutado.
- **Respuestas cuando ocurren los defectos:** El paso final del proceso de control es conocer cómo responderá cuando se ha descubierto un defecto. La respuesta a un defecto puede ser el prevenir un error antes que se vuelva un defecto, de tal manera que se pueda creer que se pueda obtener el objetivo Seis Sigma.

(SONS, 2003, pág. 10)

1.11 Herramientas estadísticas de la calidad

Existe una clara relación entre las herramientas básicas, el mencionado ciclo PHVA y los usualmente denominados “7 pasos QC”. (KUME & Vasco, 1992, pág. 237)

1.11.1 Herramientas utilizadas en la fase de DEFINICIÓN

1.11.1.1 Diagrama de flujo

Es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como la programación, la economía, los procesos industriales y la psicología cognitiva. Estos diagramas utilizan símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin de proceso.

1.11.1.2 Diagrama SIPOC

Sus siglas proviene del inglés que en español significa: proveedores, entradas, salidas del proceso y clientes que reciben el producto terminado. La función de esta herramienta es identificar todos los elementos relevantes dentro de un proceso de mejora. Ayuda a simplificar procesos complejos ya que los representa de una manera gráfica.

1.11.2 Herramientas utilizadas en la fase de MEDICIÓN

1.11.2.1 Hoja de control (Hoja de registro de datos)

Resulta imposible plantear un proyecto de mejora sin una recolección de datos. La hoja de recogida de datos o de Registro, sirve para reunir y clasificar las informaciones según determinadas categorías. Los objetivos más importantes de la hoja de control son:

- Investigar procesos de distribución.
- Artículos defectuosos.
- Localización de defectos.
- Causas de efectos.

(KUME, Herramientas estadísticas, 2002, pág. 11)

1.11.2.2 Estudio de capacidad

Sirve para analizar los índices de capacidad, que son mediciones especializadas para evaluar la capacidad y su interpretación es fácil; es decir si las variables de salida de un proceso cumple con sus especificaciones. (Fermín Gómez Fraile, 2005, pág. 140)

1.11.2.2 Histograma

Es básicamente la presentación de una serie de medidas clasificadas y ordenadas. El histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio en el sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación.

(Fermín Gómez Fraile, 2005, pág. 211)

1.11.2.3 Diagrama de scatter

(Diagrama de correlación o dispersión).

Es el estudio de dos variables, tales como la velocidad del piñón y las dimensiones de una parte o la concentración y la gravedad específica, a esto se le llama diagrama de dispersión. Estas dos variables se pueden embarcarse así:

- Una característica de calidad y un factor que la afecta,
- Dos características de calidad relacionadas, o
- Dos factores relacionados con una sola característica de calidad.

(KUME, Herramientas estadísticas, 2002, pág. 68)

1.11.3.4 Estudio R&R

Los **estudios de repetitividad y reproducibilidad (R&R)** tratan de analizar la variación entre el método de medición y las distintas personas que pueden realizar estas mediciones. Es decir, se va a tratar de reducir la variabilidad de la medición de un proceso mediante el estudio de los posibles motivos de variabilidad en la misma, con ello conseguiremos tener mayor exactitud de medición en el proceso, disminuyendo el gasto tanto de tiempo como de dinero. (CAMISON ZORNOZA, 2006, pág. 23)

1.11.3 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de ANÁLISIS

1.11.3.1 Diagrama de causa efecto

Sirve para solventar problemas de calidad y actualmente es ampliamente utilizado alrededor de todo el mundo.

Es una herramienta que nos muestra las relaciones entre un problema (Causa) y sus consecuencias (Efecto). El diagrama causa efecto representa todas las causas que originan el efecto. (KUME, Herramientas estadísticas, 2002, pág. 27)

1.11.3.2 Diagrama de Pareto

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano Wilfredo Pareto. El principio de Pareto afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son los responsables de la mayor parte de dicho efecto regla del 20/80.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

El Diagrama de Pareto es una gráfica de barras que ilustran las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia (porcentaje) de aparición, costo o actuación.

El Diagrama de Pareto se utiliza también para expresar los costos que significan cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

Permite la comparación antes/después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.

Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución. (GALGANO, 1995, pág. 125)

1.11.3.3 Análisis modal de fallos y efectos

EL AMEF o Análisis de fallos y efectos es un método dirigido a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calcula el Numero de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de falla. (AMSTADER, 2006, pág. 184)

1.11.4 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de Implementación

1.11.4.1 Manual de calidad

Un manual de procedimientos es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de una unidad administrativa. El manual incluye además los puestos o unidades administrativas que intervienen precisando su responsabilidad y participación. Suelen contener información y ejemplos de formularios, autorizaciones o documentos necesarios, máquinas o equipo de oficina a utilizar y cualquier otro dato que pueda auxiliar al correcto desarrollo de las actividades dentro de la empresa.

En él se encuentra registrada y transmitida sin distorsión la información básica referente al funcionamiento de todas las unidades administrativas, facilita las labores de auditoría, la evaluación y control interno, la conciencia en los empleados y jefes que el trabajo lo están realizando adecuadamente. (Fermín Gómez Fraile, 2005, pág. 56)

1.11.4.2 Diseño de experimento

La metodología del diseño de experimentos se basa en la experimentación. Es conocido que si se repite un experimento, en condiciones indistinguibles, los resultados presentan variabilidad que puede ser grande o pequeña. Si la experimentación se realiza en un laboratorio donde la mayoría de las causas de variabilidad están muy controladas, el error experimental será pequeño y habrá poca variación. Pero si se experimenta en procesos industriales, administrativos, la variabilidad es grande en la mayoría de los casos.

El objetivo del diseño de experimentos es estudiar si utilizar un determinado tratamiento produce una mejora en el proceso o no. Para ello se debe experimentar utilizando el tratamiento y no utilizándolo. Si la variabilidad experimental es grande, sólo se detectará la influencia del uso del tratamiento cuando éste produzca grandes cambios en relación con el error de observación. (MONTGOMERY & Runge, Probabilidad y Estadística, 2002, pág. 324)

1.11.4.3 Las 5's

La implementación de esta filosofía se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo.

Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri

- Ordenar: Seiton
- Limpieza: Seiso
- Estandarizar: Seiketsu
- Disciplina: Shitsuke

(REY, 2005, pág. 15)

1.11.5 Herramientas de la calidad utilizadas en la fase de CONTROL

1.11.5.1 Tiempo Estándar

Un estándar de tiempo es una especificación para medir el tiempo: bien la medida a la que pasa el tiempo, o puntos en el tiempo, o ambos. En la actualidad, varias especificaciones de tiempo han sido oficialmente reconocidas como estándares, donde antiguamente eran asuntos de la costumbre y la práctica. (KRAJEWSKI, 2000, pág. 183)

1.11.5.2 Planes de control

Un Plan de Control de Calidad especifica los controles de calidad que se aplican a cualquier proceso o conjunto de procesos que tengan por finalidad la realización de un producto, ya sea éste un servicio o un producto tangible. Los Planes de Control no sólo se establecen en la realización de productos, también se utilizan, por ejemplo, en la prevención de riesgos laborales, en situaciones relacionadas con la seguridad territorial, en la seguridad sanitaria, o en la seguridad alimentaria. (Ronald H. Lester, 2004, pág. 67)

1.11.5.3 Gráfica de control

Sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para indicar que el proceso se mantiene en una condición inestable. Proporciona un método estadístico adecuado para distinguir entre las causas de variación comunes o especiales mostradas por los procesos. Promueve la participación directa de los empleados en el logro de la calidad. (HITOSHI, 2002, pág. 719)

PARTE PRÁCTICA

CAPÍTULO II

2. SITUACIÓN INICIAL DE PRODUCTIVIDAD DE LA MICROEMPRESA

2.1 Antecedentes de la microempresa

La microempresa inició su labor desde 1990, empezó con cerrajería, con la fabricación de los principales productos: protecciones para ventanas; mesas, escritorios, ventanas en hierro o aluminio, camas, portones manuales y automáticos, etc. Todo esto lo realizaba con una suelda de corriente alterna, taladro pedestal, un esmeril y una pulidora.

En el año 2001 opta por realizar procesos más técnicos, adquiere un torno que es una máquina herramienta para la elaboración de elementos o partes automotrices.

La necesidad y requerimientos de los clientes en el año 2004 hace que se implemente más maquinaria: un torno, una fresadora y una suelda de corriente continua. Los productos que elabora son: engranes de bronce, aluminio, teflón, poleas de hierro fundido, aluminio, acero, pernos, tuercas, tornillos sin fin coronas, cortadoras y molinos de carne, caladoras de madera, cortadoras de alfalfa, etc.

Para el 2006 adquiere una cepilladora que es un complemento de la fresadora, sirve para la elaboración de engranes internos, chaveteros, cepillado de múltiples, cabezotes del motor, etc. En el año 2009 adquiere una prensa hidráulica necesaria para sacar o encajar piezas a presión.

Debido a los constantes cambios que surgen en la actualidad, el gerente propietario con la colaboración de todos los empleados, se ha trazado como objetivo mejorar sus procesos para mantenerse en el mercado, con un mejor nivel de calidad en sus productos y servicios hacia clientes externos e internos.

2.1.1 Identificación de los Procesos de la Microempresa

2.1.1.1 Proceso Macro

2.1.1.1.1 Torneado

Este proceso se lo realiza con la máquina herramienta llamada torno, que permite mecanizar piezas de forma geométrica. Por medio de un mandril se sujeta el material, para luego hacer girar la pieza y utilizando la cuchilla (herramienta de corte), es empujada

contra la superficie del material que, a su vez permite eliminar o cortar el material según las condiciones requeridas.

Los trabajos que se realizan en el torno son: desbastar piezas como ejes, bridas, rodillos, rectificar los costados de las piezas, barrenar, hacer agujeros, roscas internas, externas, conos, esferas, etc.

2.1.1.1.2 Fresado

Se lo hace por medio de la fresadora que es una de las máquinas más versátiles y útiles en los sistemas de manufactura. Su movimiento principal lo tiene la herramienta (fresa o cuchilla de torno), la mesa de trabajo proporciona el avance y algunas veces la profundidad de los cortes.

Los trabajos que se pueden realizar en la fresadora son diversos: fabricar los dientes de un engrane, un cuñero o formas determinadas sobre la superficie del material.

2.1.1.1.3 Cepillado

La cepilladora tiene la finalidad de producir superficies planas, horizontales, verticales o inclinadas, chaflanes, ranuras o canales de formas especiales y engranes en la parte interna de la pieza. Las cepilladoras tienen el tipo de movimiento de vaivén del carro, mientras que los movimientos para dar la profundidad del corte y avance se dan por medio de la mesa de trabajo.

2.1.1.1.4 Soldadura

Es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales), usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas con el material de aporte (electrodo), para conseguir un baño de soldadura que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

La máquina soldadora puede ser de corriente alterna o continua según la necesidad o tipo de material a soldarse. Los trabajos que realiza son: suelda de aluminio, acero inoxidable, hierro fundido.

2.1.1.2 Proceso Micro

2.1.1.2.1 Descripción de las actividades para el proceso de torneado

Proveedor/es de Materia Prima:

Almacén Aleados: Ubicada en Ibarra, provee toda clase de aceros, bronce, láminas de hierro, etc.

Empresa Bolher: Ubicada en el sector de Carcelen, provee de aceros especiales, que sirven para dar tratamientos térmicos y tiene la maquinaria necesaria para dar estos tratamientos.

Ferretería Universo: Ubicada en Ibarra, provee toda clase de pernos, arandelas, tuercas, dispositivos electrónicos, electrodos, etc.

Transporte de materia prima: Se realiza de acuerdo al proveedor (Ibarra por medio de una camioneta y Quito por medio de encomiendas).

Bodega: Es el abastecimiento de la materia prima.

Montaje del eje de acero en la máquina torno: En esta actividad se sujeta el material en el madril, luego se realiza el centrado del mismo.

Afilado de herramienta de corte (cuchilla de acero rápido): El afilado de la cuchilla se realiza en un esmeril, la misma que debe tener un ángulo y un talón acordes para el corte del material.

Colocar la herramienta de corte en el portacuchilla: Es la sujeción de la herramienta de corte.

Encender el torno: Encender botón y calibrar la velocidad de acuerdo al material que se trabaja, en este caso como el material es bronce requiere de una velocidad rápida.

Refrentado: Esta operación consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de la pieza que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas.

Taladrado: Para esta tarea se utilizan brocas normales, que se sujetan en un portabrocas o directamente en el alojamiento del contrapunto si el diámetro es grande. No todos los tornos pueden realizar todas estas operaciones que se indican, depende del tipo de torno que se utilice y de los accesorios o equipamientos que tenga.

Cilindrado: Esta operación consiste en la mecanización exterior e interior a la que se someten las piezas que tienen mecanizados cilíndricos. En un bocin de bronce el carro longitudinal recorre realizando el cilindrado del material, y con el carro transversal se regula la profundidad de pasada tanto el diámetro interno como externo del bocin.

Acabados: Corresponde lijado y calibrado de medidas.

Entrega del producto: Empaque y embalaje.

2.1.1.2.1.1 Diagrama de Proceso en funcionamiento de las Actividades

Cuadro 2: Diagrama de Proceso (torneado de bocines de bronce)

DIAGRAMA DE PROCESOS EN FUNCIÓN DE LAS ACTIVIDADES (TORNEADO DE BOCINES DE BRONCE)								
DESCRIPCION	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	S Í M B O L O S					
			Operación 	Transporte 	Demora 	Inspección 	Almacenamiento 	
No								
1	PROVEEDOR/ES DE M.P.							
2	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	1000	10					
3	BODEGA	5	1					
4	MONTAJE DE EJE DE ACERO EN MAQ. TORNO	3	3					
5	AFILAR HERRAMIENTA DE CORTE EN ESMERIL	4	2					
6	COLOCAR HERRAMIENTA DE CORTE EN PORTACUHILLA	2	0,1					
7	ENCENDER	2.50	2					

	EL TORNO							
8	CALIBRAR VELOCIDAD		0,1					
9	REFRENTAR		0.3					
10	TALADRAR		3.5					
11	CILINDRAR		15					
12	DAR ACABADOS		2					
13	ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO	10	2					
	TOTAL	1026. 5	41	9	3	1	1	1

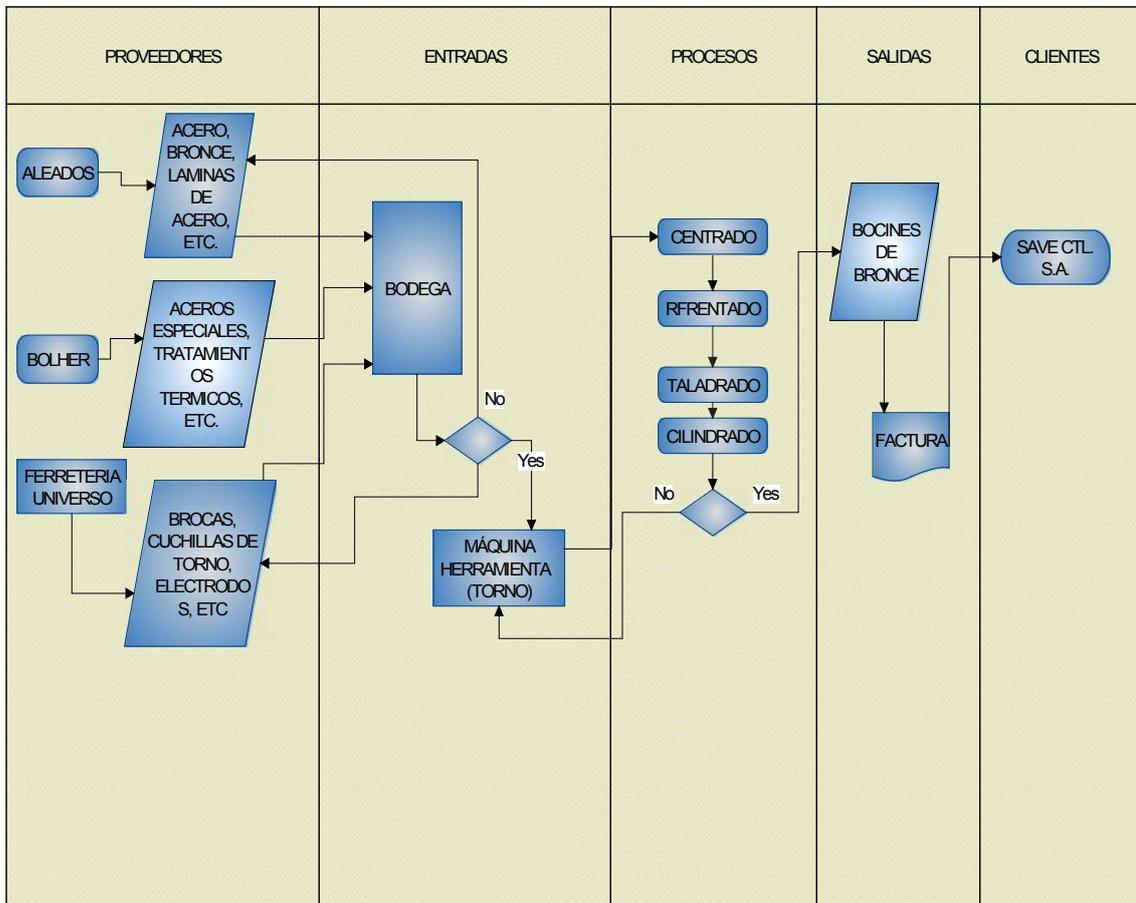
Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El diagrama muestra las principales actividades de torneado, con sus respectivas distancias y tiempos que fueron registrados para su posterior análisis con los demás procesos de la microempresas y especificar el proceso que más requiera de soluciones factibles para aumentar la productividad.

2.1.1.2.1.2 Diagrama SIPOC (Torneado de Bocines de Bronce)

Cuadro 3: Diagrama SIPOC (Torneado)



Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: En este diagrama se puede apreciar los principales proveedores, las entradas, los procesos, la salida y el cliente al que entrega su producto terminado; si falta uno de estos elementos no se podría continuar con la producción de torneado.

2.1.1.2.2 Descripción de las actividades para el proceso de fresado

Proveedor/es de Materia prima:

Ferreteria Universo: Proveedor de cuchillas de torno y remaches de golpe.

Aleados: Proveedor de teflón materia prima para engranes.

Transporte de materia prima: La transportación es local.

Bodega: Almacenamiento de materia prima.

Montaje del material teflón en el torno: Se sujeta el material en el mandril y luego realiza el centrado del mismo.

Encender el torno: Encender botón y calibrar velocidad de acuerdo al material, en este caso el teflón requiere de velocidad rápida.

Colocar en Eje del Motor: En esta actividad la sujeción del eje con el material (teflón), se lo realiza mediante presión y con un pasador remachado.

Dar Ajuste para Engrane: Para esta operación, el carro longitudinal recorre realizando el cilindrado del material y el carro transversal regula el diámetro del engrane.

Montaje en la máquina fresadora: Consiste en sujetar el material en el madril que está incorporado en la fresadora.

Calibrar el ángulo del engrane: Corresponde al centrado del ángulo de inclinación que tiene el engrane que se va fabricar.

Graduar el cabezal divisor: Por medio de cálculos matemáticos se obtiene la tabla, el número de huecos y el número de vueltas que corresponde al número de dientes a mecanizar.

Afilar herramienta de corte en esmeril: Puede ser la cuchilla de torno o la herramienta que se denomina fresa con sus respectivos ángulos de corte.

Colocar el Módulo (herramienta de corte): Para ello se lo hace de dos maneras, si el engrane es diente fino se lo hace con cuchilla de torno y si el diente es grueso con el módulo o fresa.

Encender fresadora: Encender botón, calibrar velocidad en esta ocasión la velocidad es rápida, ya que el material es suave.

Fresado de dientes: Esta operación consiste en mecanizar diente por diente hasta obtener todos los engranes que fueron calculados en el divisor.

Acabados: Corresponde al revanado de estrías.

Factura: Forma de pago acordado.

Entrega del producto: Empaque y embalaje.

2.1.1.2.2.1 Diagrama de proceso en Función de las actividades

Cuadro 4: Diagrama de Proceso (fresado de engranes de teflón para motor de plumas)

DESCRIPCION		DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	S Í M B O L O					
				○	➡	D	□	▽	
1	PROVEEDOR/ES DE M.P.								
2	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	1500	15						
3	BODEGA	5	1						
4	MONTAJE DE EJE EN LA MÁQUINA TORNO	3	2						
5	ENCENDER EL TORNO	2.5	2						
6	DAR AJUSTE EN EL TORNO		10						
7	COLOCAR EN EJE DEL MOTOR		1.5						
8	DAR AJUSTE PARA ENGRANE		5						
9	MONTAJE EN LA FRESADORA	3	2						

10	CALIBRAR ANGULO ENGRANE	EL DEL		3				
11	CALIBRAR DIVISOR	EL		3				
12	AFILAR HERRAMIENTA CORTE EN ESMERIL	DE	2	1,4				
13	COLOCAR MÓDULO (HERRAMIENTA CORTE)	EL DE		0,3				
14	ENCENDER FRESADORA	LA		0,2				
15	CALIBRAR VELOCIDAD			0.1				
16	FRESADO DIENTES	DE		30				
17	DAR ACABADOS			4				
18	ENTREGA PRODUCTO TERMINADO	DE	10	2				
	TOTAL		1525.5	87.5	12	3	1	1

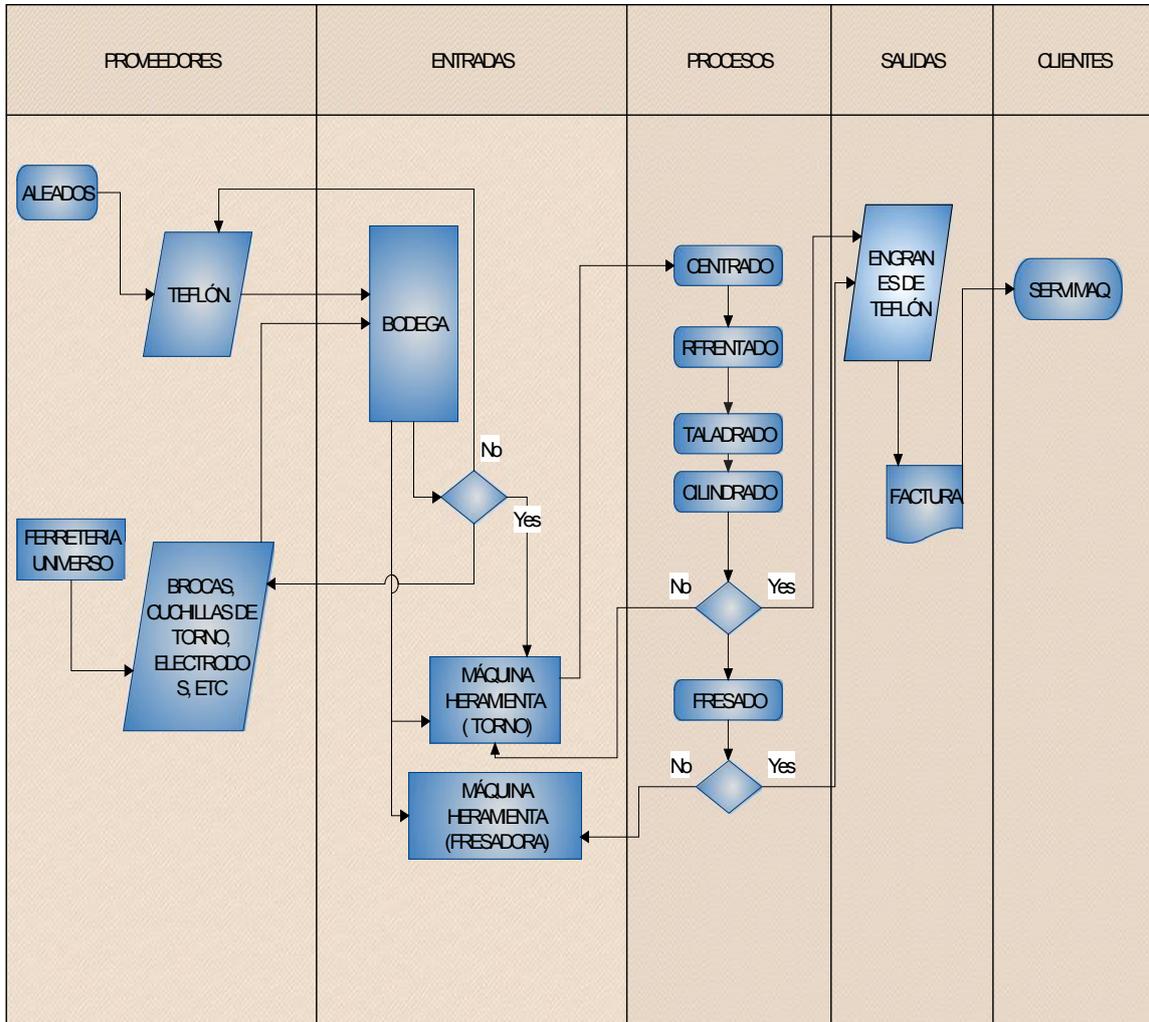
Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El diagrama muestra las principales actividades de fresado, con sus respectivas distancias y tiempos que fueron registrados para su posterior análisis con los demás procesos de la microempresas y especificar el proceso que más requiera de soluciones factibles para la mejora de la productividad.

2.1.1.2.2 Diagrama SIPOC (Frasado en Engranajes de Teflón)

Cuadro 5: Diagrama SIPOC (Fresado)



Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: En este diagrama se puede apreciar los principales proveedores, las entradas, los procesos, la salida y el cliente al que entrega su producto terminado; si falta uno de estos elementos no se podría continuar con la producción de fresado.

2.1.1.2.3 Descripción de las actividades para el proceso de cepillado

Proveedor/es de M.P. :

Ferreteria Universo: Proveedor de cuchillas de torno.

Bolher: Proveedor de acero (recomiendan los más indispensables para dar tratamientos térmicos).

Transporte de materia prima: El transporte se lo hace desde Carcelen por medio de encomiendas.

Bodega: Abastecimiento de la materia prima.

Montaje del eje en el torno: En esta actividad se sujeta el material con el mandril y luego el centrado del mismo.

Encender el torno: Encender botón y calibrar velocidad.

Dar ajuste en el torno: Esta operación corresponde al cilindrado de la parte externa e interna para realizar los engranes internos en la cepilladora.

Montaje del material cilindrado en la cepilladora: En esta actividad se sujeta por medio del mandril o de la mesa de trabajo de la cepilladora.

Para engranes internos incorporar mandril y el divisor. Para superficies planas no hace falta incorporar el divisor, es necesario incorporar una entenalla en la mesa de trabajo de la cepilladora.

Afilar herramienta de corte (cuchilla de acero rápido): El afilado se realiza en un esmeril, con los ángulos de corte correspondientes.

Colocar herramienta de corte en portacuhilla: Sujetar la cuchilla en el portacuchillas de la cepilladora.

Incorporar el cabezal divisor: Se debe sujetar el divisor en la mesa de trabajo de la cepilladora, para calibrar la tabla, el número de huecos y el número de vueltas que corresponde al número de dientes a mecanizar.

Encender cepilladora: Encender el botón y calibrar velocidad lenta, debido al material que en caso es de acero.

Cepillado de dientes: Consiste en mecanizar el material hasta obtener los engranes internos que fueron calculados en el divisor.

Acabados: Corresponde a lijado, pintado, dado tratamiento térmico, etc.

Factura: Forma de pago acordado.

Entrega del producto: Empaque y embalaje.

2.1.1.2.3.1 Diagrama de Proceso en Función de las actividades

Cuadro 6: Diagrama de Proceso (cepillado de engranes internos de acero)

DESCRIPCION		DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	S Í M B O L O					
				○	⇒	D	□	▽	
1	PROVEEDOR/ES DE M.P.								
2	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	1000	10						
3	BODEGA	5	1						
4	MONTAJE DEL ACERO EN EL TORNO	3	2						
5	ENCENDER EL TORNO		0.3						
6	DAR AJUSTE EN TORNO		15						
7	MONTAJE EN LA CEPILLADORA	4	5						
8	CALIBRAR DIVISOR		3						
9	AFILAR HERRAMIENTA DE CORTE	2	2						

10	COLOCAR HERRAMIENTA DE CORTE EN PORTACUHILLA		0,7	↓				
11	INCORPORAR EL DIVISOR		5	↓				
12	ENCENDER LA CEPILLADORA		0,2	↓				
13	CALIBRAR VELOCIDAD		0.1	↓				
14	CEPILLADO DE DIENTES INTERNOS		50	↓				
15	DAR ACABADOS		5	↘				
16	ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO	10	2	↙				
	TOTAL	1026	101.3	11	4	1	1	1

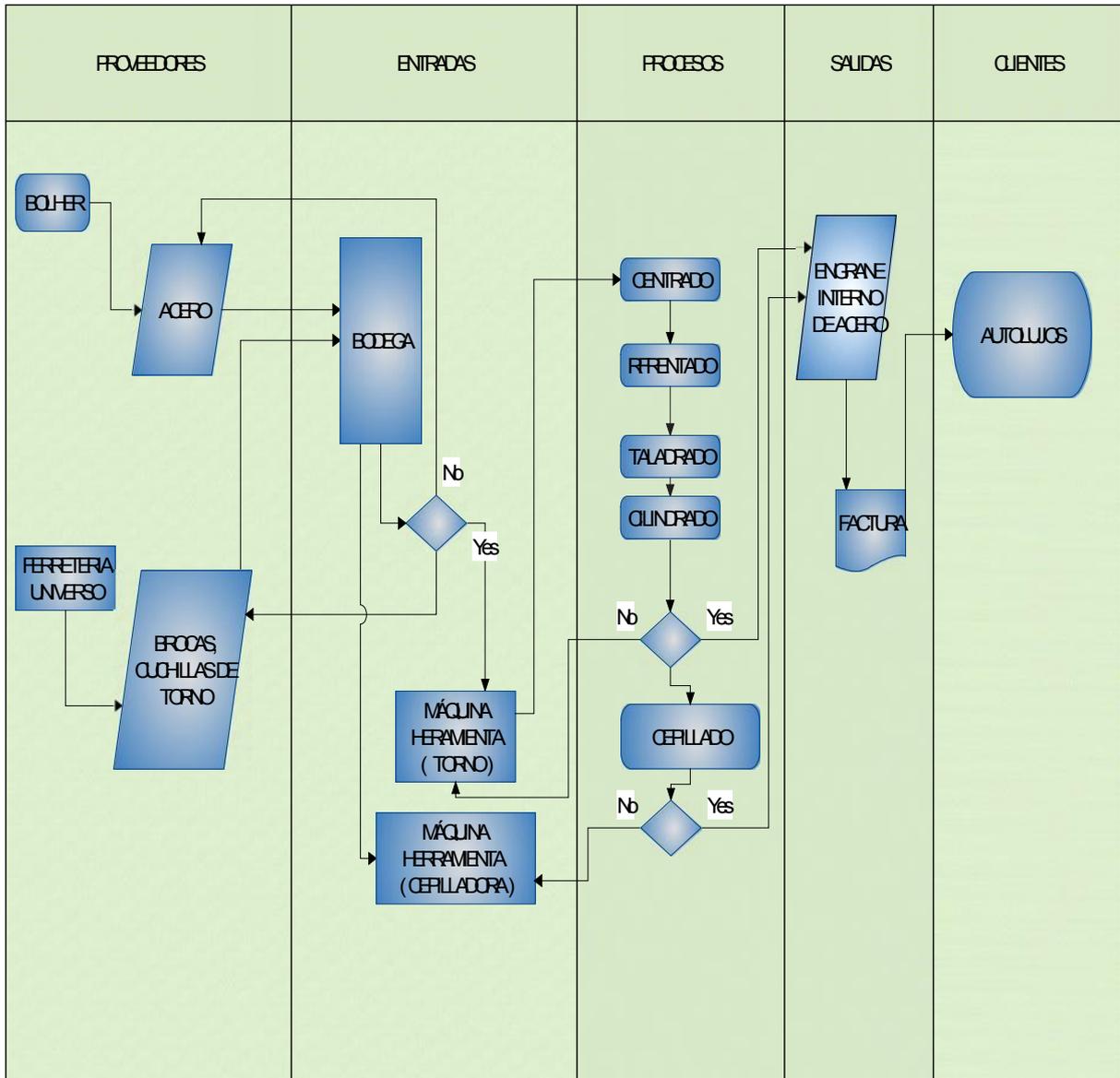
Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Este diagrama nos muestra las actividades de operación, transporte, demora, inspección y almacenamiento que ejecuta el trabajador, para realizar el proceso de cepillado con sus respectivas distancias y tiempos que fueron registrados para su posterior análisis con los demás procesos de la microempresas y especificar el proceso que más requiera de soluciones factibles para mejorar la productividad.

2.1.1.2.3.2 Diagrama SIPOC (Cepillado de Engranajes Internos)

Cuadro 7: Diagrama SIPOC (Cepillado)



Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: En este diagrama se puede apreciar los principales proveedores, las entradas, los procesos, la salida y el cliente al que entrega su producto terminado; si falta uno de estos elementos no se podría continuar con la producción de cepillado.

2.1.1.2.4 Descripción de las actividades para el proceso de soldadura

Proveedor/es de M.P: Ferreteria Universo proveedor de electrodos de aluminio.

Transporte de materia prima: Transportación es local.

Bodega: Abastecimiento de la materia prima.

Montaje de aro de aluminio en la mesa de trabajo: Colocar aro en el tornillo de banco (entenalla) o mesa de trabajo.

Hacer un canal con la pulidora: Realizar una perforación en la parte que está averiada, con una moladora.

Precaentar el material: Realizar un calentamiento leve del material a soldar, con una llama baja de la suelda oxiacetilénica.

Limpiar el material: Limpieza con un cepillo de alambre de acero.

Encender la soldadora: Pulsar el botón y calibrar el amperaje de acuerdo al espesor del material.

Calibrar amperaje: Se debe graduar el amperaje desde los 100 a 130 amperios, de acuerdo al espesor del material.

Colocar electrodo: En este caso debe colocar electrodo de aluminio.

Colocar masa de la soldara: Ubicar la masa (cable de la soldadora) en el material a soldar, para que haga contacto con el electrodo y produzca el arco eléctrico.

Soldar: Unir la abertura o canal realizado anteriormente.

Acabados: Corresponde a limado y lijado.

Factura: Forma de pago acordado.

Entrega del producto: Empaque.

2.1.1.2.4.1 Diagrama en proceso en Función de las Actividades

Cuadro 8: Diagrama de proceso (soldadura en aros de aluminio)

DESCRIPCION	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	S Í M B O L O					
			○	⇒	D	□	▽	
No-								
1	PROVEEDOR/ES DE M.P.							
2	TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	1500	20					
3	BODEGA	5	1					
4	MONTAJE DE ARO DE ALUMINIO EN MESA DE TRABAJO	5	1					
5	HACER CANAL CON PULIDORA	2	3					
6	PRECALENTAMIENTO DEL MATERIAL A SOLDAR	5	2					
7	LIMPIAR EL MATERIAL		1.5					
8	ENCENDER SOLDADORA	2	0,2					
9	CALIBRAR EL AMPERAGE		0,1					
9	COLOCAR ELECTRODO		0,1					

10	COLOCAR LA MASA		0,2					
11	SOLDAR		20					
12	DAR ACABADOS		5					
13	ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO	10	2					
	TOTAL	1529	56	9	1	1	1	2

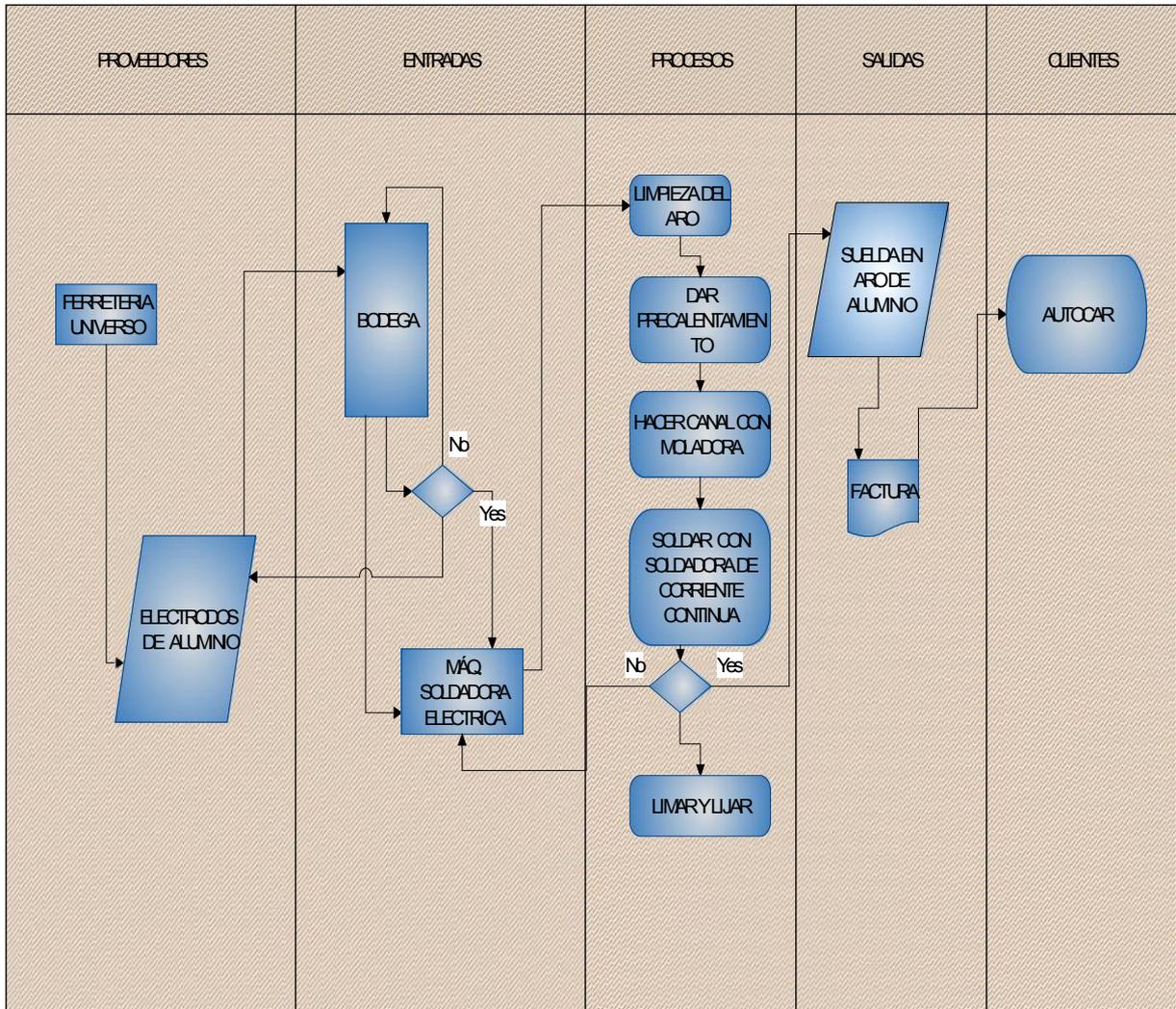
Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Este diagrama nos muestra las actividades de operación, transporte, demora, inspección y almacenamiento que ejecuta el trabajador, para realizar el proceso de soldadura con sus respectivas distancias y tiempos que fueron registrados para su posterior análisis con los demás procesos y especificar el proceso que más requiera de soluciones factibles para mejorar la productividad de la microempresa.

2.1.1.2.4.1 Diagrama SIPOC (Soldadura en Aros de Aluminio)

Cuadro 9: Diagrama SIPOC (soldadura)



Fuente: Procesos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: En este diagrama se puede apreciar los principales proveedores, las entradas, los procesos, la salida y el cliente al que entrega su producto terminado; si falta uno de estos elementos no se podría continuar con la producción de soldadura.

2.1.2 Determinación de los requisitos de clientes

Para la determinación de la voz del cliente, se recogerá información a través de la entrevista, cuyo instrumento será la guía de entrevista (ANEXO 1). Dirigida al propietario de la mecánica. Además se recurrirá a la encuesta dirigida a los clientes frecuentes (ANEXO 2) y a los empleados de la mecánica (ANEXO 3).

Para determinar el tamaño de muestra de las personas entrevistadas desconociendo la varianza poblacional se podrá estimar una proporción poblacional con un límite para el error de estimación (e), se aplicará la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(e^2) * (N - 1) + (Z^2) * p * q}$$

En donde:

n = muestra

N = población

p = probabilidad de ocurrencia del suceso (0.5)

q = probabilidad de no ocurrencia del suceso (1 - p)

Z = nivel de confianza (95% = 1.96)

B = límite de error (0.05 %)

$$n = \frac{1.96^2 * 40 * 0.5 * 0.5}{(0.05^2) * (40 - 1) + (1.96^2) * 0.5 * 0.5} = 36.3$$

La muestra está constituida por 36 personas que se van encuestar

Procesamiento de la información

El análisis de la investigación se hizo en base a los resultados obtenidos de las encuestas y entrevistas tabuladas y graficadas.

ANALISIS ENCUESTAS A CLIENTES EXTERNOS

Pregunta 1

Considera usted que la calidad en el desempeño del servicio, de equipos y personal que ofrece la mecánica es:

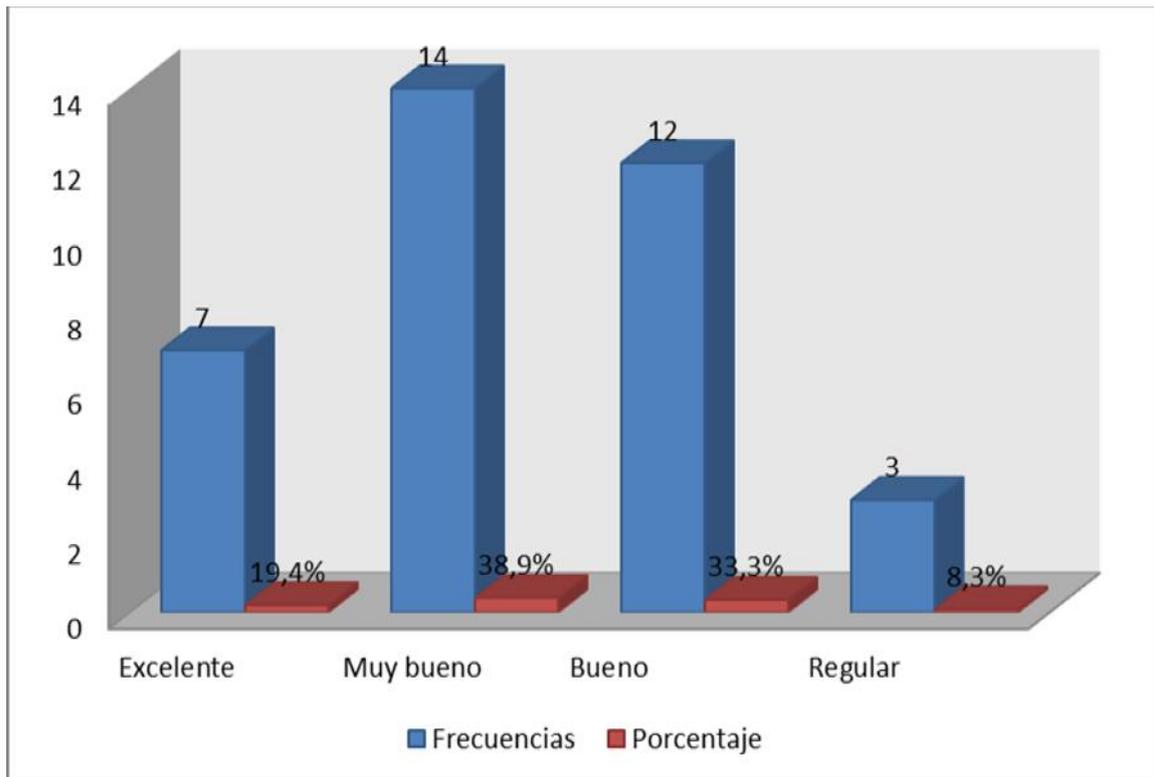


Gráfico 1: Calidad de servicio

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

El 38.9% de los encuestados consideran que la calidad en el desempeño del servicio: de equipos y personal que brinda la mecánica "Gonza" es Muy Bueno, el 33.3% consideran que es Bueno, el 19.4% consideran que es excelente y apenas el 8.3% consideran que es regular, con lo que se puede interpretar que la mayoría de clientes el 38.9 % están satisfechos pero no en su totalidad ya que para llegar a un nivel de excelencia en la Calidad de Servicio se debería aproximar al 100% y apenas tenemos un 19.4% que califican al servicio como excelente.

Pregunta 2

¿Qué aspecto intervino en usted para preferir a la mecánica “GONZA” del resto de mecánicas de la ciudad?

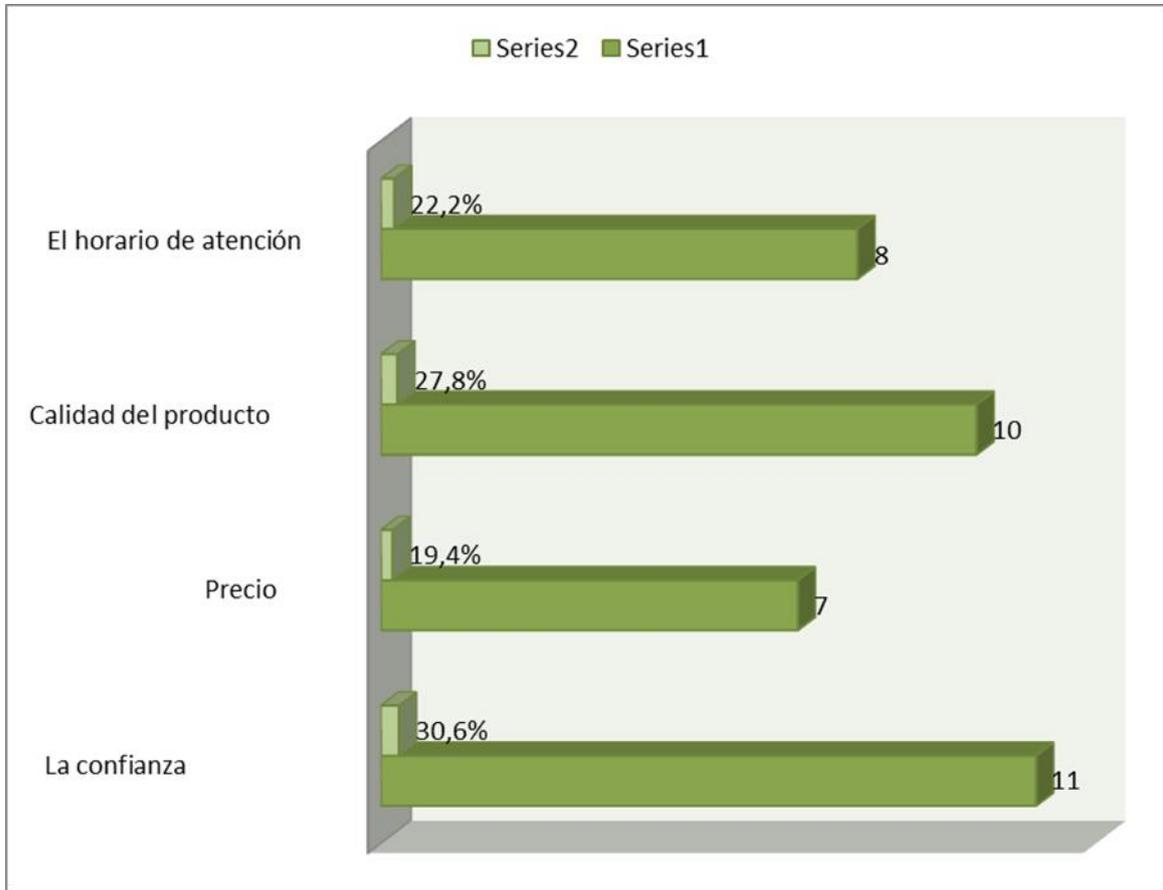


Gráfico 2: Factor para preferir la mecánica.

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

EL 30.6% opinan que el principal factor para preferir la mecánica “GONZA” de otras es la confianza, 27.8% es la calidad del producto, el 22.2% opinan que es el horario de atención y 19.4% dicen que es el precio.

Pregunta 3

¿Considera que la mecánica recoge de manera adecuada sus quejas y sugerencias?

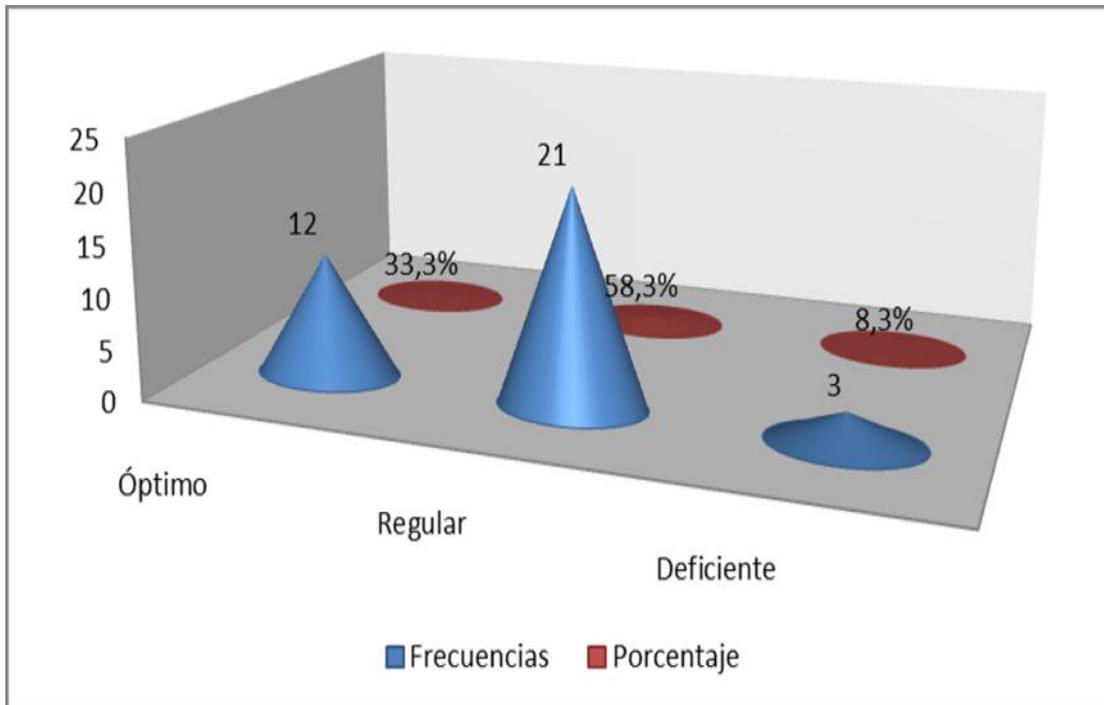


Gráfico 3: Quejas y sugerencias.

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

El 58.3% de los clientes consideran que sus quejas son atendidas en forma regular, el 33.3% dicen que está en un nivel óptimo y con el 8.3% dicen que es sus quejas no han sido atendidas ya que está en un nivel deficiente.

Pregunta 4

¿En cuál de las siguientes áreas de producción cree usted que la mecánica le brinda calidad?

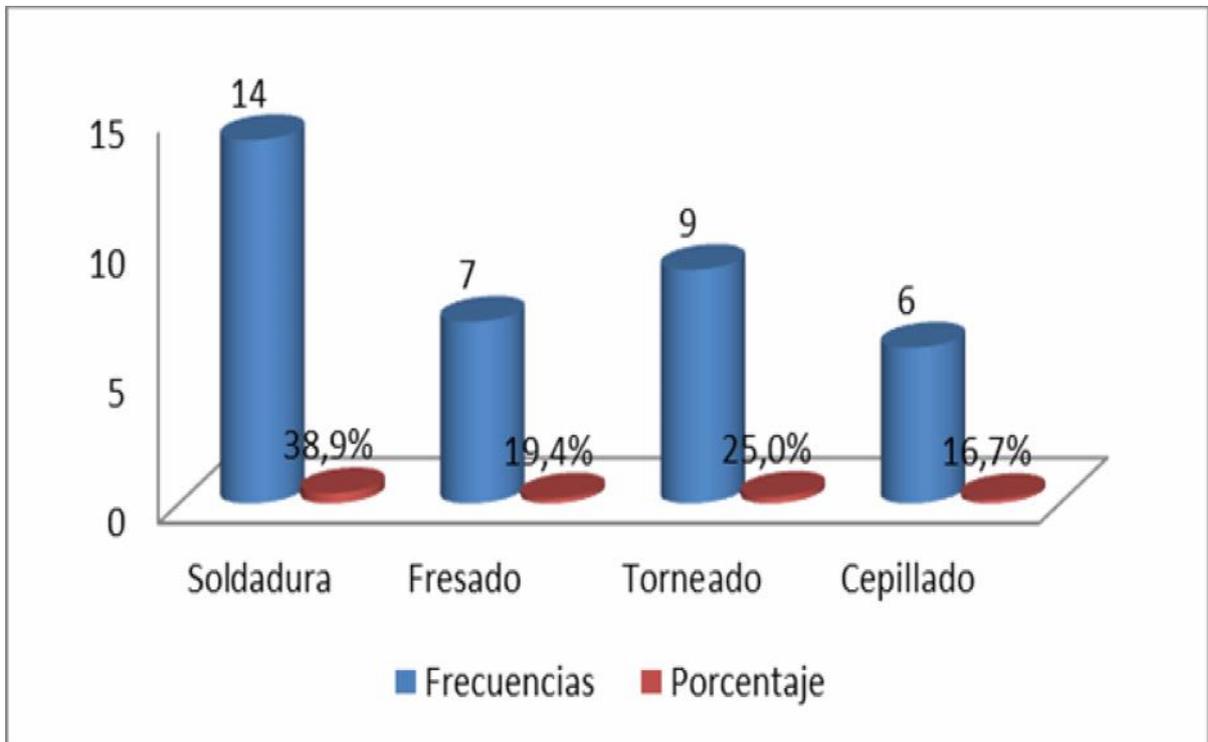


Gráfico 4: Calidad en áreas de producción.

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

EL 38.9% opinan que la calidad está en el área de soldadura, 25 % en el torneado, 19.4% en el fresado y 16.7% en el proceso de cepillado.

Pregunta 5

Señale que aspectos le incomodan de la mecánica.

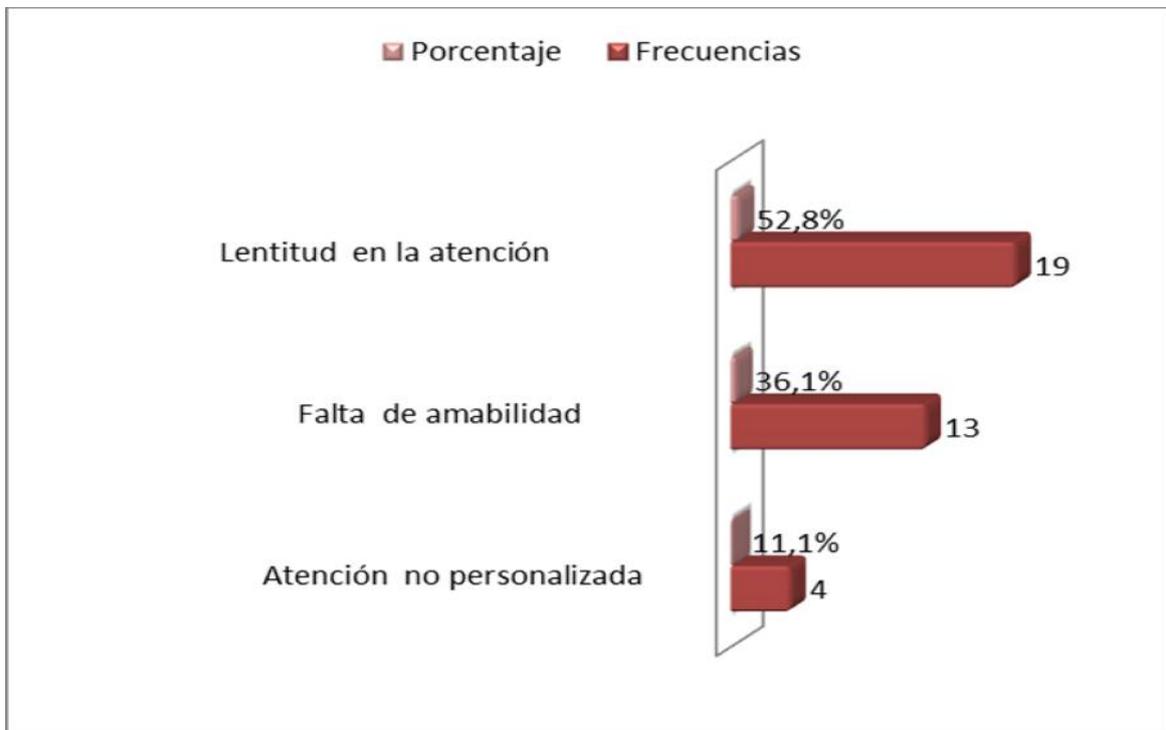


Grafico 5: Aspectos que disgustan.

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

El 52.8% de los clientes manifiestan la lentitud en la atención, el 36.1% dicen que hace falta amabilidad, el 11.1% dicen que les incomoda la atención no personalizada.

Pregunta 6

¿En cuál de los siguientes aspectos cree usted que se debería mejorar?

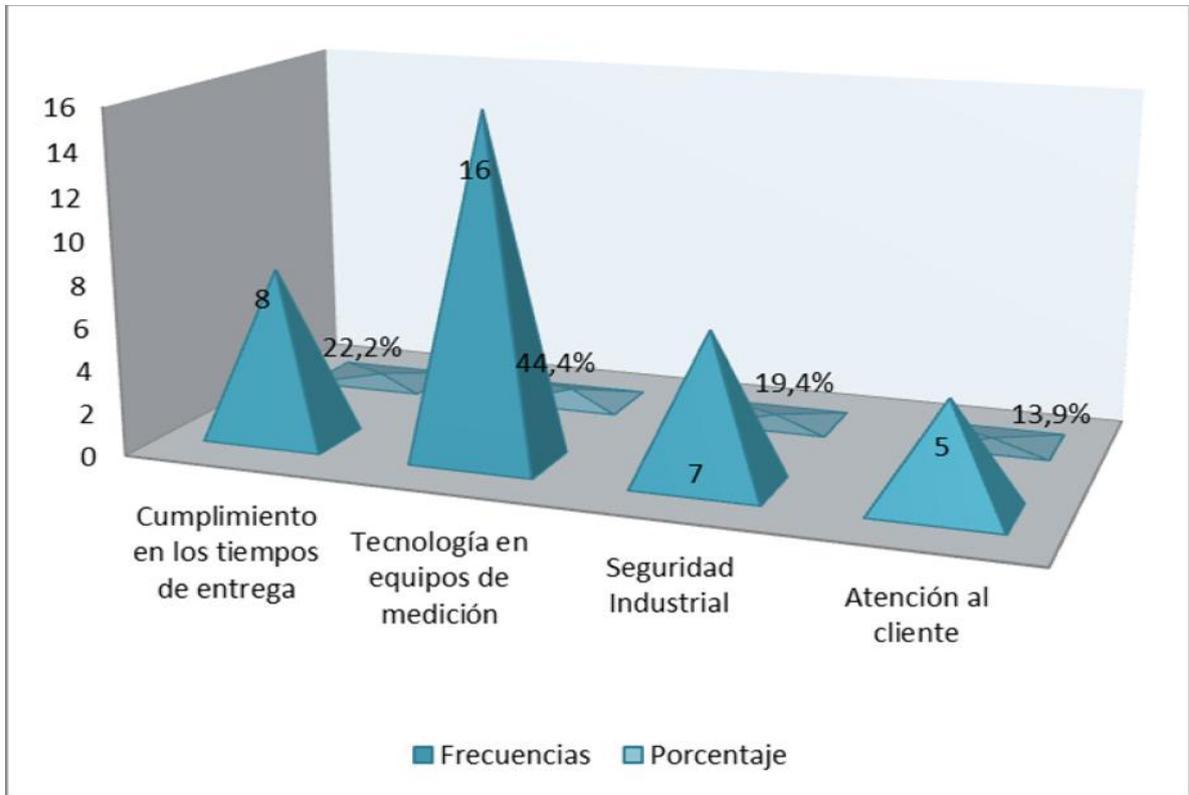


Gráfico 6: Aspectos de mejora

Fuente: Encuesta aplicada a clientes

Elaborado por: Luis Urcuango

El 44.4% opinan que se debe mejorar en la tecnología de equipos de medición, 22.2% en el cumplimiento en los tiempos de entrega, el 19,4% en la seguridad industrial y con el 13.9% en la atención al cliente.

ANALISIS DE ENCUESTAS A CLIENTES INTERNOS

La encuesta a clientes internos se la aplicó a los empleados, pues son ellos los que se mantienen en contacto directo y constante con los clientes.

Pregunta 1

Cuál es su nivel de educación?

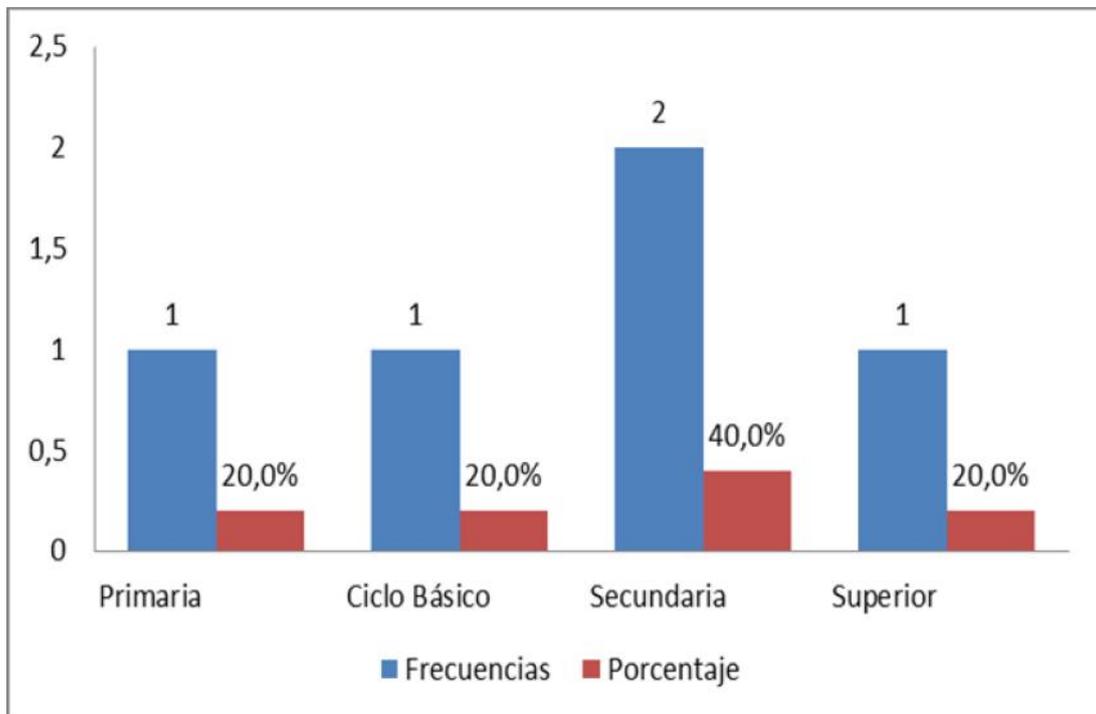


Gráfico 7: Nivel de educación

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El nivel de educación de los empleados que está en contacto con el cliente es un factor importante para que el cliente se sienta bien atendido. En el caso de los trabajadores de la mecánica el 40 % aprobó la secundaria, el 20% aprobó, el nivel superior, ciclo básico y la primaria.

Pregunta 2

¿Defina su grado de satisfacción en el área en que usted se desempeña?

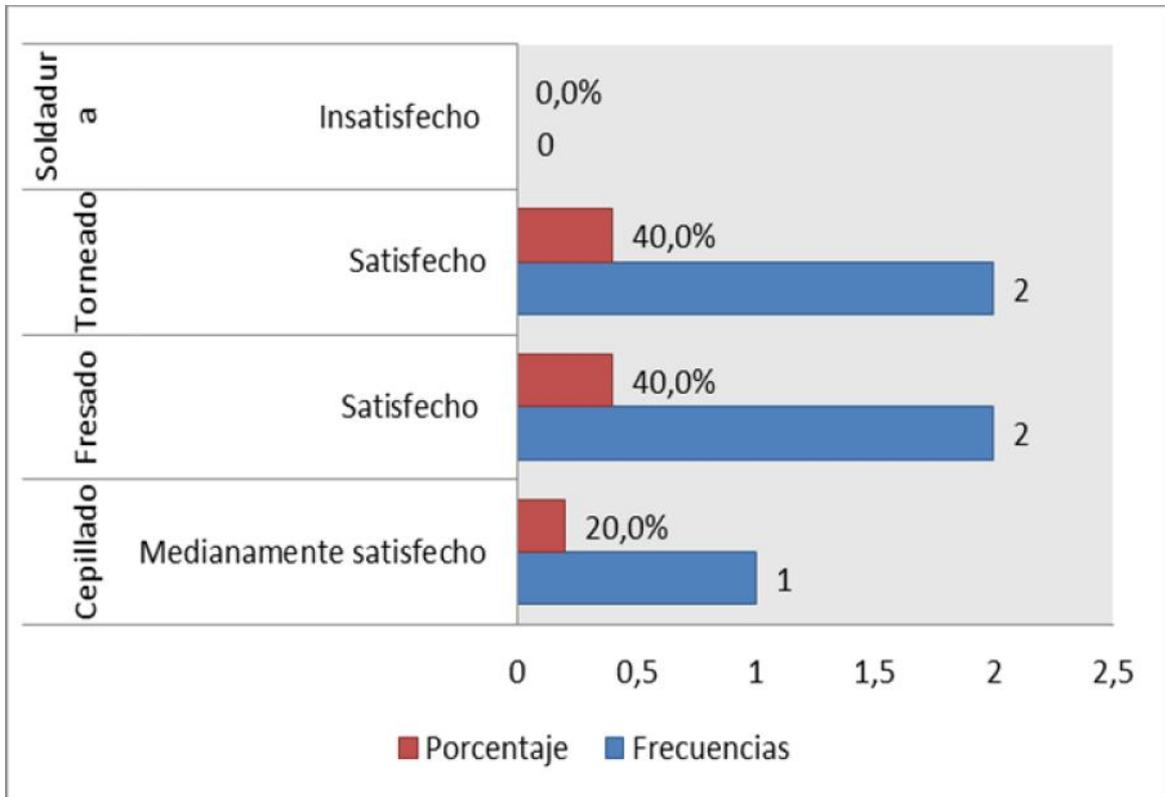


Gráfico 8: Satisfacción en área de trabajo

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El personal se encuentra satisfecho con el 40% en el área de torneado y fresado, con el 20% medianamente satisfecho en el área de cepillado y con el 0% de insatisfecho en el área de soldadura.

Pregunta 3

¿El responsable del área soluciona los problemas de una manera eficaz?

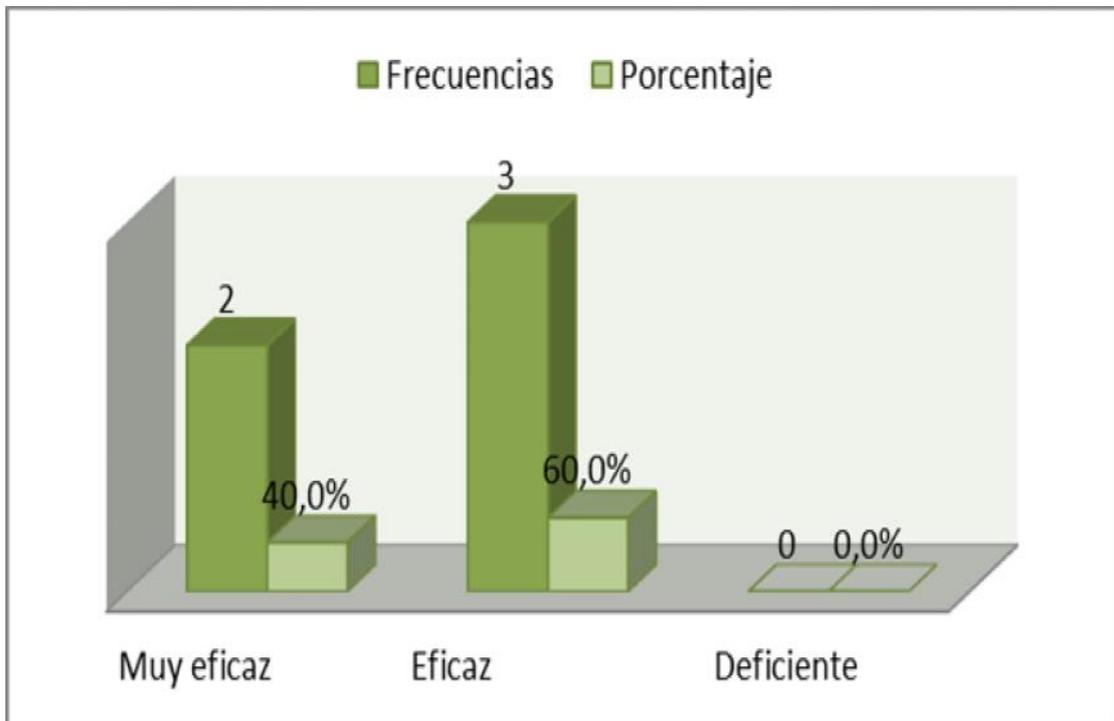


Gráfico 9: Responsabilidad en el área

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 60% de los trabajadores solucionan los problemas de una manera eficaz, y solo el 40% soluciona de una manera muy eficaz, esto nos a conocer que la responsabilidad empieza desde el inicio hasta el final o entrega del producto terminado.

Pregunta 4

¿Las condiciones ambientales del área de trabajo facilitan las actividades diarias?

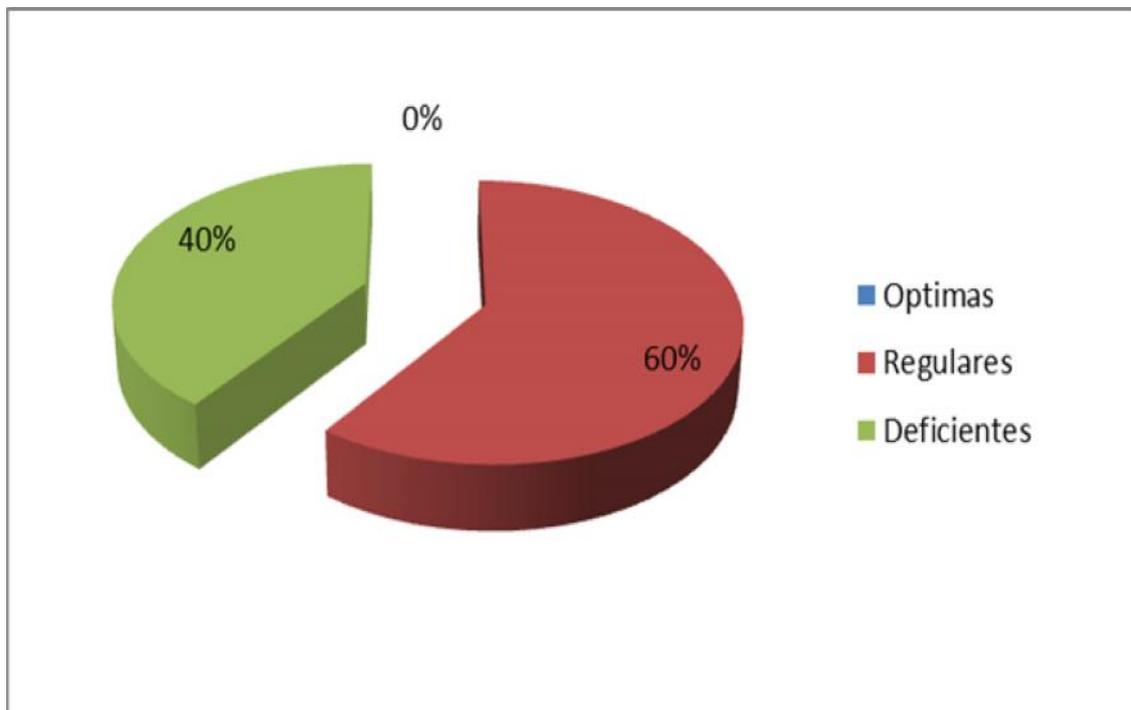


Gráfico 10: Condiciones del ambiente de trabajo

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

Las condiciones ambientales están en un 60% en regulares, comparto este criterio pues la mecánica no está bien arreglada, falta organización de las herramientas, tiene espacio reducido, estas condiciones hace que el empleado se sienta afligido en su sitio de trabajo y con el 40% opinan que el ambiente es regular no es el adecuado.

Pregunta 5

¿La comunicación interna dentro de su área funciona correctamente?

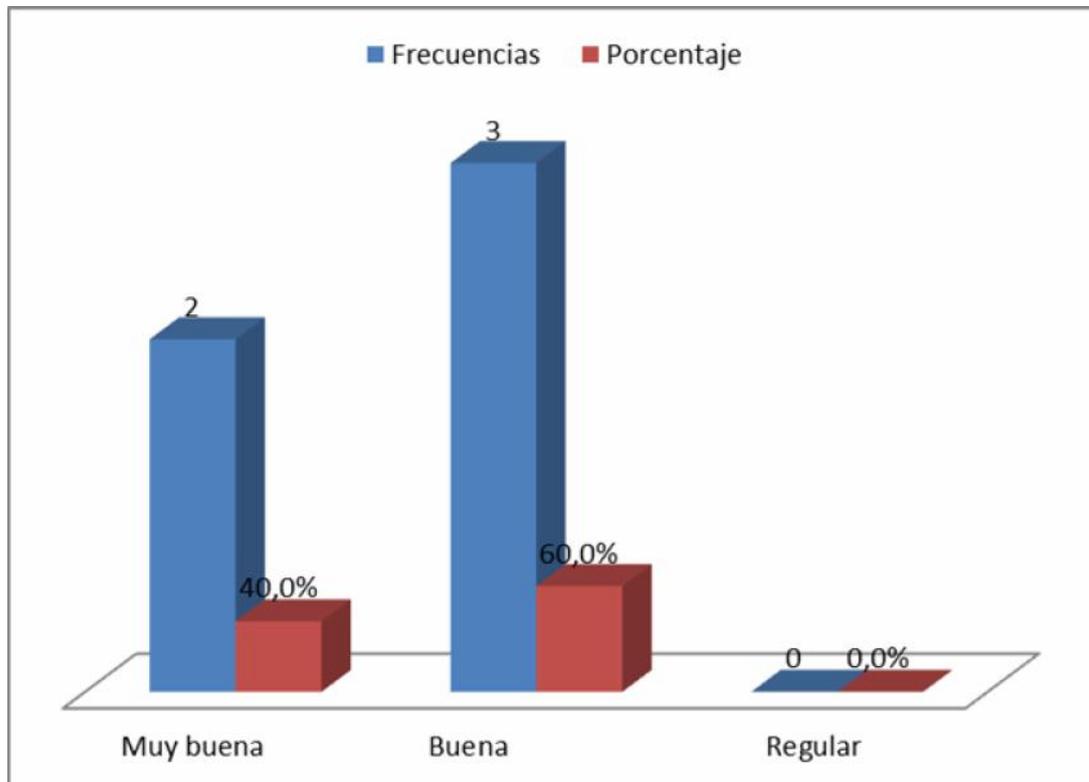


Gráfico 11: Comunicación interna

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

La comunicación interna de los trabajadores es buena está en el 60% y con en 40% está en muy buena, debería sobrepasar este porcentaje para tener una muy buena comunicación interna.

Pregunta 6

¿Recibe la información necesaria de su trabajo para poder realizarlo con éxito?

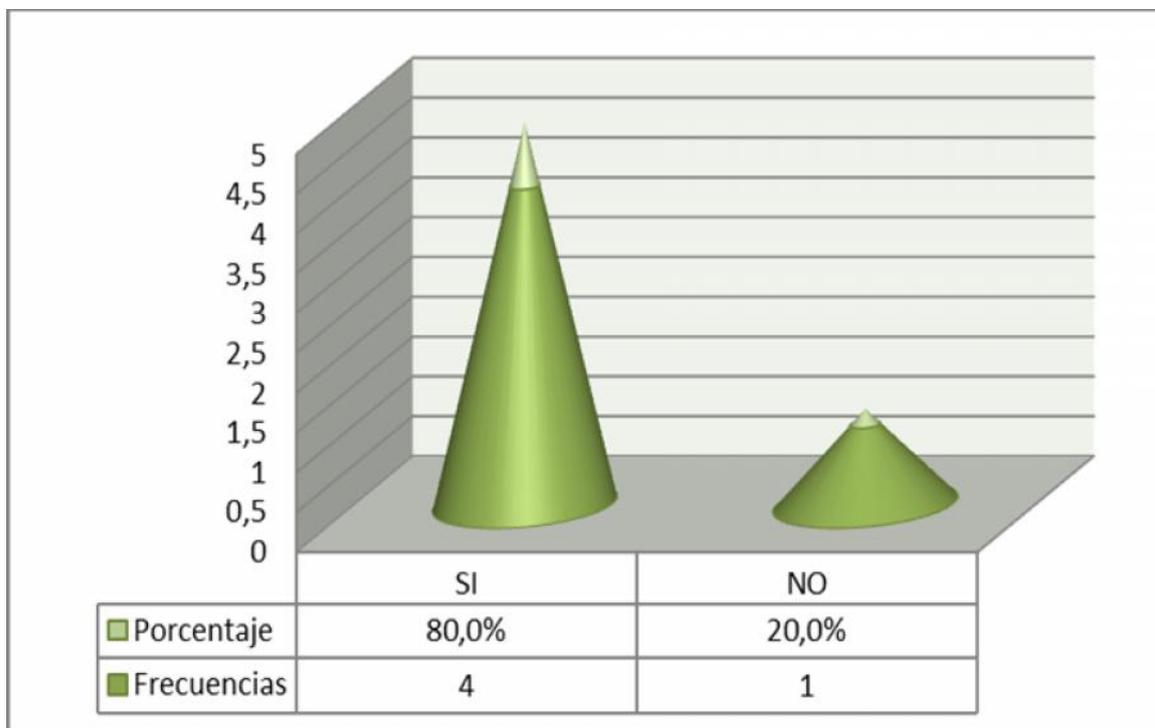


Grafico 12: Recibe información necesaria

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 80% de los trabajadores opinan que si reciben información necesaria y el 20% opinan que no han recibido información.

Pregunta 7

¿Tiene una adecuada coordinación con las áreas de trabajo?

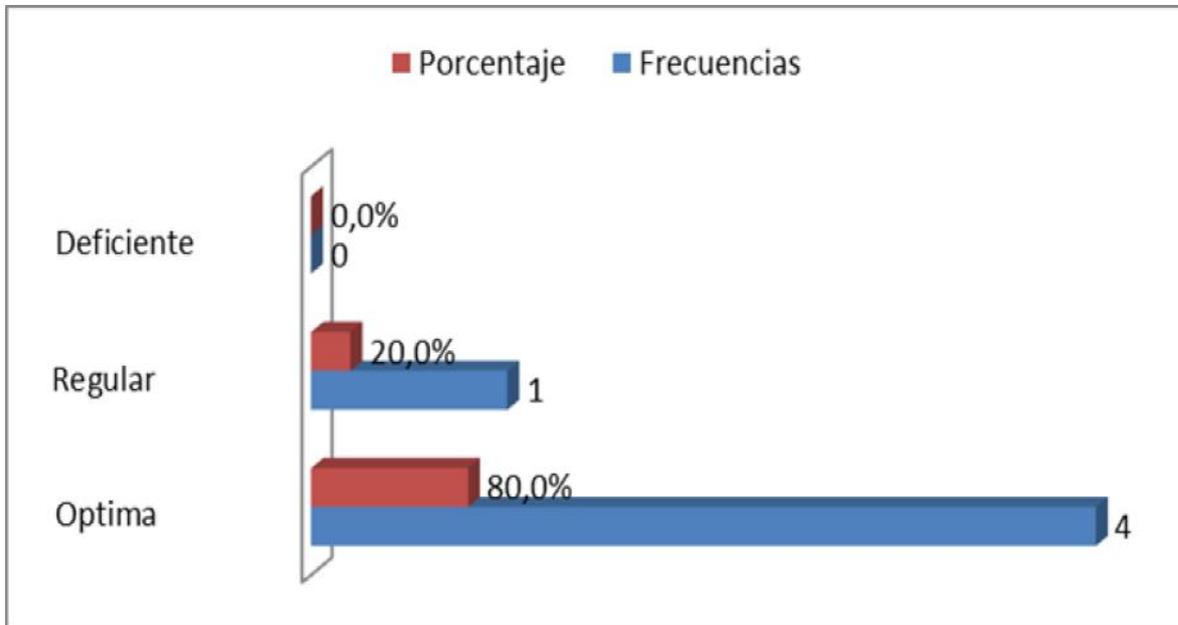


Gráfico 13: Coordinación con áreas

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 80% de los trabajadores opinan que la coordinación con las áreas de trabajo es óptima, el 20% son regulares. Esta información nos da a conocer que el nivel de coordinación es óptimo.

Pregunta 8

¿Recibe la capacitación necesaria para desempeñar correctamente su trabajo?

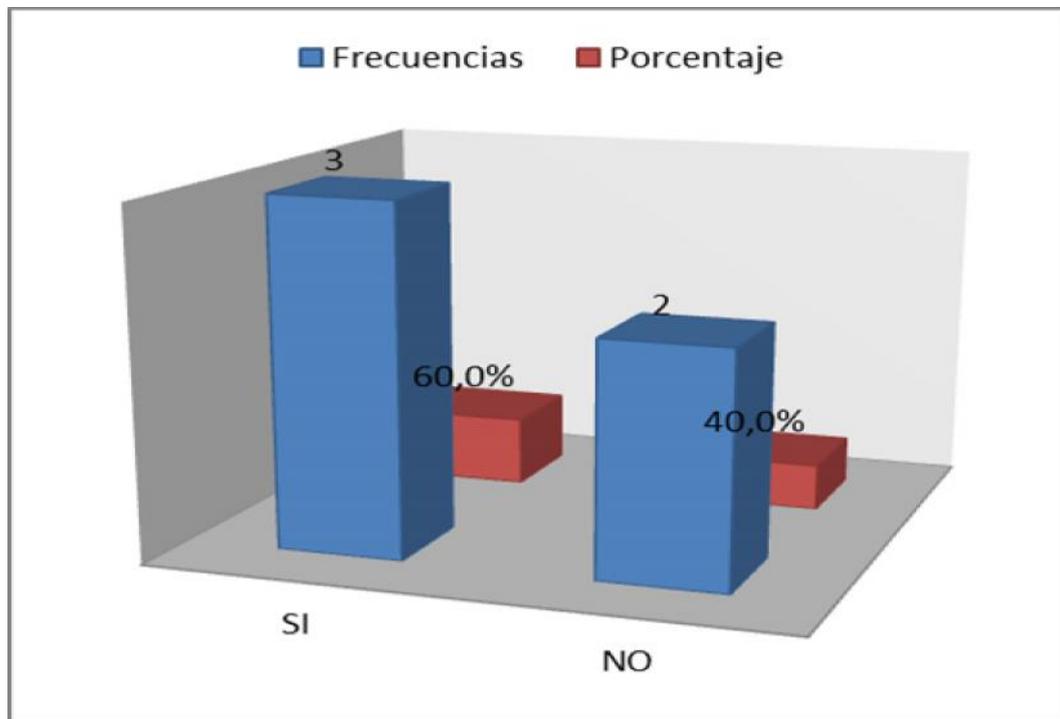


Gráfico 14: Capacitación

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 60% de los trabajadores dijeron que fueron capacitados y 40% dijo que hace falta capacitación ya que es un factor indispensable para dar una buena atención al cliente.

Pregunta 9

¿Le hacen un reconocimiento especial cuando realiza una mejora en su trabajo?

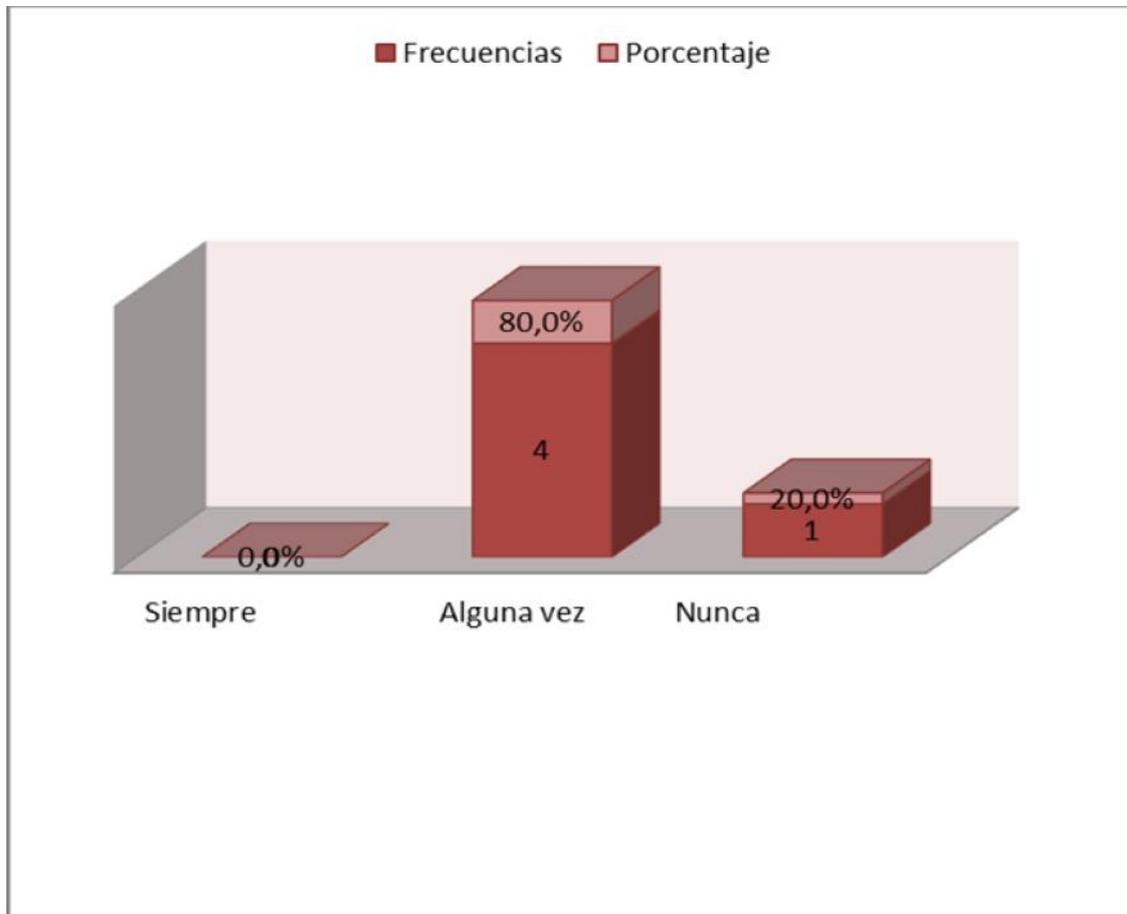


Gráfico 15: Motivación al personal

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 80% de los trabajadores opinan que alguna vez fueron motivados, el 20% opina que nunca lo han tenido, esto hace que la atención al cliente no sea la adecuada.

Pregunta 10

¿Se siente parte del equipo de trabajo?

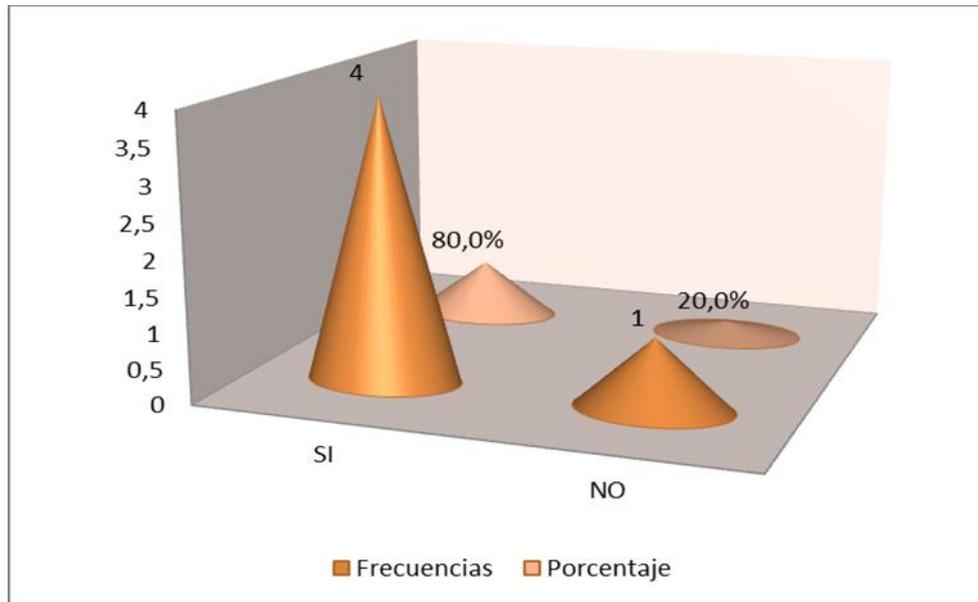


Gráfico 16: Permanencia

Fuente: Encuesta aplicada a clientes internos

Elaborado por: Luis Urcuango

El 80% de los trabajadores están comprometidos con la empresa y el 20% demuestra que no están alineados con los objetivos que persigue la mecánica “GONZA”, ya que esto atrae grandes beneficios financieros y una mejor calidad de vida.

Cuadro 10: Parámetros de Satisfacción

NIVEL DE SATISFACCION	RANGO PORCENTUAL	CLASE DE FACTOR
Insatisfecho	0 - 40%	Crítico
Medianamente satisfecho	41% - 60%	Deficiente
Satisfecho	61% - 90%	Aceptable
Muy satisfecho	91% - 100	Excelente

Resumen de la encuesta con los requisitos de clientes internos y externos

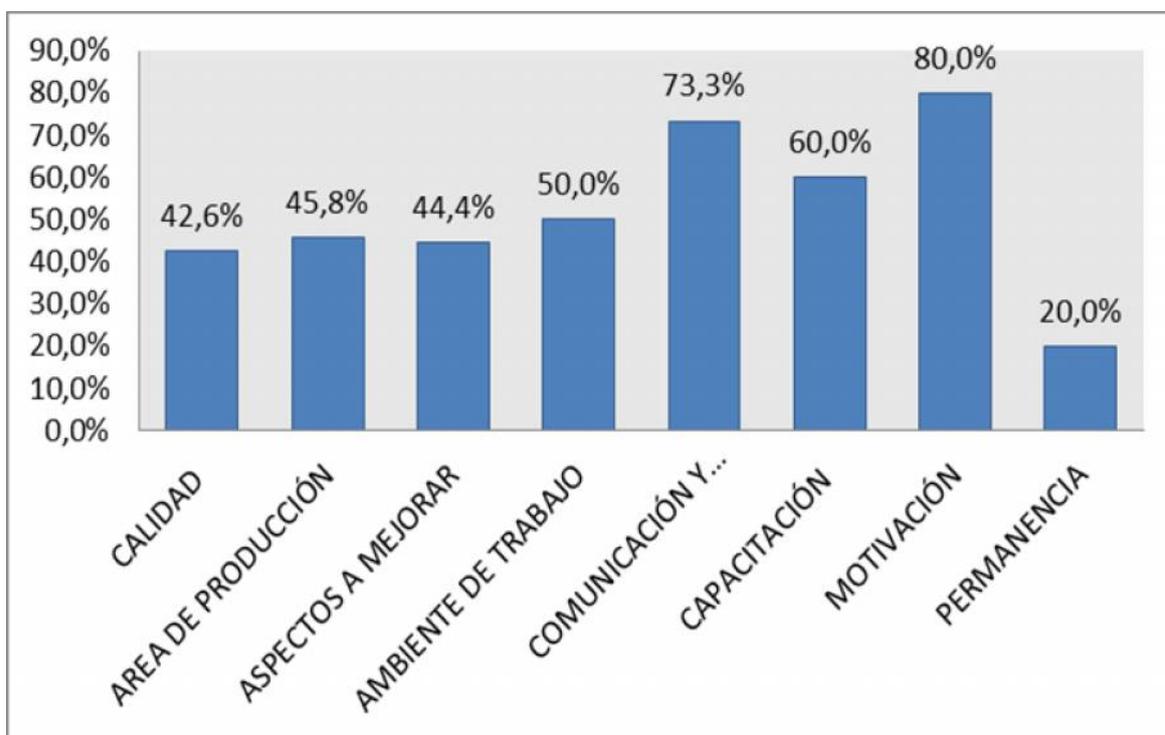


Gráfico 17: Requisitos del cliente (VCC)

Fuente: Encuesta aplicada a clientes externos e internos.

Elaborado por: Luis Urcuango

Análisis: Para la encuesta se tuvo como base en los principales factores que disminuyen la productividad tales como: confiabilidad del producto-servicio, maquinaria, procesos, condiciones laborales y satisfacción de personal. Para definir el porcentaje de cada uno de los **Requisitos Del Cliente (VCC)**, se tomó en cuenta el **Nivel de Satisfacción** (Óptimo); para este proyecto de mejora se tomó el requisito **CALIDAD** con el 42.6 % de satisfacción del cliente externo y 20% de satisfacción del cliente interno.

2.1.3 Medición de la Productividad de la Microempresa

2.1.3.1 Torneado (Bocines De Bronce Para Caja De Dirección)

Cuadro 11: Productividad Mono (Torneado)

VARIABLES	MINUTOS	MINT/U	U/HR	\$/U	\$/HR
TIEMPO DE CICLO=tiempo tomado del diagrama de actividades del proceso torneado (minutos/unidad).		41			
TIEMPO = Una hora 60 minutos	60				
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN= Unidades producidas en una hora.			1,46		
COSTO DE ENERGIA DE UNA MÁQUINA=Costo calculado con la capacidad del motor de la máquina (torno) y el valor del costo industrial (0.061 \$ el kwh).					0,32
COSTO UN TRABAJADOR = Costo de la mano obra, Tomando en cuenta el sueldo básico (318 \$).					1,502
MATERIAL BRONCE = Costo del material (5 cm).				10,00	14.634
Prod. Mono =	<u>CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN =</u>	4,59			
	COSTO ENERGIA DE LA MAQUINA				

Fuente: Medición de productividad

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Para la productividad mono se utilizó el costo de energía que es el más bajo referente a la mano de obra y a la materia prima. El resultado fue de 4.59 \$ por unidad. Este dato se utilizará para saber si hay una mejora del proceso mediante la implementación del proyecto DMAIC.

Cuadro 12: Productividad Multifactorial (Torneado)

VARIABLES	U/HR	\$/HR
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	1,46	
MANO DE OBRA		1,50
MATERIAL		14,63
ENERGIA		0,32
Productividad Multf.=	PRODUCCIÓN / (MANO DE OBRA + MATERIA PRIMA + ENERGIA) =	
Productividad Multf.=	0,0889	

Fuente: Medición de productividad multifactorial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Realizando cálculos con los recursos de: mano de obra, material y energía la productividad multifactorial nos generó 0.0889 dólares por unidad en cada hora de trabajo, este resultado fue con el recurso energía.

2.1.3.2 Fresado (Engranajes Externos Para Motor De Plumas)

Cuadro 13: Productividad Mono (Fresado)

VARIABLES	MINUTOS	MINT/U	U/HR	\$/U	\$/HR
TIEMPO DE CICLO=tiempo tomado del diagrama de actividades del proceso fresado (minutos/unidad).		87.5			
TIEMPO = Una hora 60 minutos	60				
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN= Unidades producidas en una hora.			0,686		

COSTO DE ENERGIA DE DOS MÁQUINA=Costo calculado con la capacidad del motor del (torno), de la máquina fresadora y el valor del costo industrial (0.061 \$ el kwh).					0,55
COSTO DE DOS TRABAJADOR =Costo de la mano obra de dos personas, con sueldo básico (318 \$).					3,03
MATERIAL TEFLON= Costo del material (8 cm).				12,00	8,22
Prod. Mono =	<u>CAPACIDAD DE PRODUCCION =</u>	1,25			
	<u>COSTO ENERGIA DE 2 MAQ.</u>				

Fuente: Medición de productividad

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Para la productividad mono se utilizó el costo de energía que es el más bajo referente a la mano de obra y a la materia prima. El resultado fue de 1.255 \$ por unidad. Este dato se utilizará para saber si hay una mejora del proceso mediante la implementación del proyecto DMAIC.

Cuadro 14: Productividad Multifactorial (Fresado)

VARIABLES	U/HR	\$/HR
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	0,69	
PRODUCCIÓN MENSUAL		
MANO DE OBRA		3,004
MATERIAL 8 cm		8,229
ENERGIA		0,546
Productividad Multf.=	PRODUCCIÓN / (MANO DE OBRA + MATERIA PRIMA + ENERGIA) =	
Productividad Multf.=	0,058215939	

Fuente: Medición de productividad multifactorial.

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Realizando cálculos con los recursos de: mano de obra, material y energía la productividad multifactorial nos generó 0.058 dólares por unidad en cada hora de trabajo, este resultado fue con el recurso energía.

2.1.3.3 Cepillado (Engranajes Internos Para Volante)

Cuadro 15: Productividad Mono (Cepillado)

VARIABLES	MINUTOS	MINT/U	U/HR	\$/U	\$/HR
TIEMPO DE CICLO=tiempo tomado del diagrama de actividades del proceso cepillado (minutos/unidad).		101.3			
TIEMPO = Una hora 60 minutos	60				
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN= Unidades producidas en una hora.			0,592		
COSTO DE ENERGIA DE DOS MÁQUINA=Costo calculado con la capacidad del motor del (torno), de la máquina fresadora y el valor del costo industrial (0.061 \$ el kwh).					0,501
COSTO DE DOS TRABAJADOR =Costo de la mano obra de dos personas, Tomando en cuenta el sueldo básico (318 \$).					3,026
MATERIAL ACERO = Costo del material (5 cm).				20,00	11.84
Prod. Mono =	<u>CAPACIDAD DE PRODUCCION =</u>	1,18			
	COSTO ENERGIA DE 2 MAQ.				

Fuente: Medición de productividad

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Para la productividad mono se utilizó el costo de energía que es el más bajo referente a la mano de obra y a la materia prima. El resultado fue de 1.187 \$ por unidad.

Este dato se utilizará para saber si hay una mejora del proceso mediante la implementación del proyecto DMAIC.

Cuadro 16: Productividad Multifactorial (Cepillado)

VARIABLES	U/HR	\$/HR
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	0,592300099	
MANO DE OBRA		3,00
MATERIAL ACERO 5 cm		11,85
ENERGIA		0,50
Productividad Multf.=	PRODUCCIÓN / (MANO DE OBRA + MATERIA PRIMA + ENERGIA) =	
Productividad Multf.=	0,038584488	

Fuente: Medición de productividad multifactorial.

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Realizando cálculos con los recursos de: mano de obra, material y energía la productividad multifactorial nos generó 0.038 dólares por unidad en cada hora de trabajo el mismo que fue calculado con el recurso del costo industrial de energía

2.1.3.4 Soldadura (En Aros De Aluminio)

Cuadro 17: Productividad Mono (soldadura)

VARIABLES	MINUTOS	MINT/U	U/HR	\$/U	\$/HR
TIEMPO DE CICLO=tiempo tomado del diagrama de actividades del proceso soldadura (minutos/unidad).		56.1			
TIEMPO = Una hora 60 minutos	60				
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN= Unidades producidas en una hora.			1,070		
COSTO DE ENERGIA DE UNA MÁQUINA=Costo calculado con la capacidad del motor de la máquina (torno) y el valor del costo industrial (0.061 \$ el kwh).					0,091

COSTO UN TRABAJADOR = Costo de la mano obra, Tomando en cuenta el sueldo básico (318 \$).					1,51
MATERIAL= Costo de electrodos de aluminio.				0,50	0,53
Prod. Mono =	<u>CAPACIDAD DE PRODUCCION =</u>	11.75			
	COSTO DE ENERGIA DE UNA MAQ.				

Fuente: Medición de productividad
Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Para la productividad mono se utilizó el costo de energía que es el más bajo referente a la mano de obra y a la materia prima. El resultado fue de 11.75 \$ por unidad. Este dato se utilizará para saber si hay una mejora del proceso mediante la implementación del proyecto DMAIC.

Cuadro 18: Productividad Multifactorial (soldadura)

VARIABLES	U/HR	\$/MES
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	1,07	
PRODUCCIÓN MENSUAL		
MANO DE OBRA		1,50
MATERIAL ELECT. ALUMINIO		0,53
ENERGIA		0,09
Productividad Multf.=	PRODUCCIÓN / (MANO DE OBRA + MATERIA PRIMA + ENERGIA) =	
Productividad Multf.=	0,525087016	

Fuente: Medición de productividad multifactorial.
Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Realizando cálculos con los recursos de: mano de obra, material, energía, agua, teléfono y arriendo y energía la productividad multifactorial nos generó 0.052

dólares por unidad en cada hora de trabajo, resultado que fue calculado con el recurso del costo industrial de energía.

2.1.4 Medición de nivel sigma de los procesos

La medición de los datos se realizó a los tres principales procesos de la microempresa “GONZA” como son:

- Torneado
- Fresado
- Cepillado

2.1.4.1 Nivel de Calidad del torneado

Los datos son muestras para realizar bocines de bronce con diámetros internos y exteriores aceptables por el cliente, la microempresa no tiene datos históricos, por lo que fueron tomados en fechas distintas, para saber el nivel sigma del actual proceso.

Determinación del tamaño de la muestra (n), del proceso de torneado se evaluó por medio de la población finita.

Cuadro 19: Para determinar el tamaño de muestra(n)

Tamaño de muestra n		
e		0,10
p		0,5
q		0,5
$n = \frac{p * q}{e^2} = \frac{0,5 * 0,5}{0,10^2} =$		25
		Población finita

Dónde:

n = muestra

p = probabilidad de ocurrencia del suceso (0.5)

q = probabilidad de no ocurrencia del suceso (1 - p)

e = límite de error (10 %)

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml#ixzz2MfgkYR2U>

Se utilizó el método de computación digital

Para conseguir números aleatorios se utilizó el Excel, que se puede utilizar con las funciones: **ENTERO** y **ALEATORIO**.

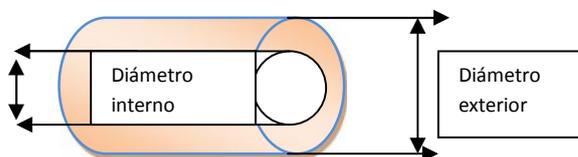
- Función ALEATORIO (), genera un número al azar entre (0 y1) y no tiene argumentos.

-Función ENTERO (valor) devuelve la parte entera de un número decimal.

Para este caso queremos generar números aleatorios entre a y b la fórmula que se aplica es: =ALEATORIO ()*(b-a)+ a.

Si lo único que nos interesa es la parte entera. Para prescindir de la parte decimal recurrimos a la función ENTERO, que escribe sólo la parte entera de un número. Y la función final es: ENTERO (ALEATORIO ()* (b-a)+ a.

Cuadro 20: Datos de muestras de torneado



Muestra del Diámetro externo	Muestra del Diámetro interno
32,162	27,895
32,350	28,119
32,068	28,005
31,90	28,189
31,610	27,581
31,870	27,892
31,700	28,036
31,98	27,654

	32,100	27,812
	32,330	28,224
	32,160	28,376
	31,770	27,658
	32,05	27,767
	31,680	28,467
	31,840	28,043
	32,09	28,031
	32,150	27,863
	32,200	28,254
	32,02	28,249
	32,090	28,117
	31,950	27,904
	31,800	27,659
	32,090	28,357
	32,085	27,724
	32,010	27,651
Sumatoria	799,67	699,53
Media = $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	31,87	27,981
Desv. Estándar = $\sigma = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	0,201	0,257
Este dato es el tamaño de muestra determinado (n)	25	25
Tolerancia de Especificación + -	0,1	0,1
N = valor nominal	32,0	28,0
$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$	0,0401	0,0515
Para encontrar t en el área 0,10 en los dos extremos, considerando los grado de libertad de acuerdo al g tamaño de muestra, este dato se puede ver en el apéndice de la tabla A4 de la distribución T de Student.	1,7108	1,7108

TOLERANCIAS NATURALES		
	D. EXTERNO	D. INTERNO
$LCS = [\hat{\mu} + t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{X}}] =$	32,069	28,088
$LCI = [\hat{\mu} - t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{X}}] =$	31,931	27,912
LÍMITES DE ESPECIFICACION		
Especificación Superior (ES)=	32,100	28,100
Especificación Inferior (EI)=	31,900	27,900
CAPACIDAD DEL PROCESO		
$\hat{C}_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} =$	0,166	0,130
$\hat{C}_{pk} = \min \left(\frac{u - EI}{3\sigma}; \frac{ES - u}{3\sigma} \right) =$	0,144	0,105
	0,188	0,154
$K = \frac{u - N}{1/2(ES - EI)} * 100 =$	-13.4	-18.92
$Z_i = \frac{u - EI}{\sigma} =$	0,432	0,315
$Z_s = \frac{ES - u}{\sigma} =$	0,565	0,462

Fuente: Muestra de datos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El valor de Cp es menor que 1, por lo tanto el proceso no es incapaz de acuerdo a la tabla 5.1 requiere modificaciones, el índice Cpk evalúa la capacidad tomando en cuenta el mínimo de los Cps y Cpi; el índice K indica que está descentrado 13.4 a lado izquierdo de la media del diámetro externo y 18.9 de diámetro interno, con los valores negativos. Además está con el 42.827% de especificación con un nivel sigma de 1.31 del diámetro externo y 35.60% con un nivel de sigma del 1.13; según tabla 12.15 para evaluar el nivel de calidad del libro control estadístico de calidad y seis sigma de Gutiérrez Pulido.

2.1.4.2 Nivel de Calidad del fresado

Los datos son muestras para realizar el fresado de engranes externos con diámetro externo, altura y longitud del engrane, a continuación los siguientes datos que fueron tomados para evaluar el nivel sigma de la situación actual.

Determinación del tamaño de la muestra (n)

Cuadro 21: Para determinar el tamaño de muestra del fresado

Tamaño de muestra n		
e		0,11
p		0,5
q		0,5
$n = \frac{p * q}{e^2} = \frac{0,5 * 0,5}{0,11^2} =$		20,6
		Población finita

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml#ixzz2MfgkYR2U>

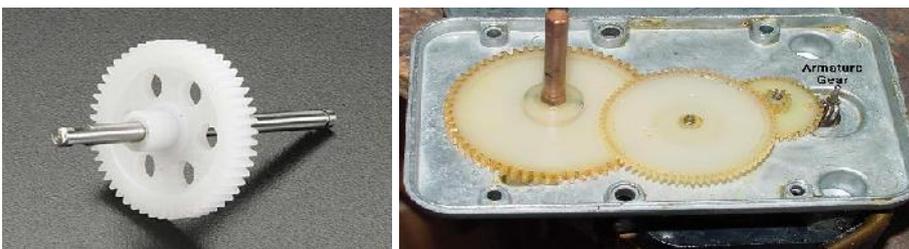
Se utilizó el método de computación digital

Para conseguir números aleatorios se utilizó el Excel, que se puede utilizar con las funciones: **ENTERO** y **ALEATORIO**.

- Función ALEATORIO (), genera un número al azar entre (0 y1) y no tiene argumentos.

-Función ENTERO (valor) devuelve la parte entera de un número decimal.

Cuadro 22: Datos de muestras de fresado



Diámetro externo en mm	Altura del engrane en mm	Longitud del engrane en mm	
65,10	0,040	0,104	
64,96	0,038	0,109	
64,75	0,039	0,101	
65,12	0,041	0,105	
64,89	0,040	0,100	
65,18	0,030	0,107	
65,08	0,035	0,109	
64,78	0,036	0,100	
64,80	0,038	0,102	
65,00	0,038	0,109	
64,90	0,041	0,106	
65,15	0,042	0,108	
65,05	0,038	0,110	
65,23	0,036	0,101	
65,15	0,040	0,107	
64,85	0,045	0,103	
64,81	0,036	0,108	
65,10	0,042	0,110	
65,00	0,040	0,101	
65,25	0,042	0,102	
Sumatoria	1300,15	0,777	2,102
Media = $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	65,008	0,0389	0,1051
Desv. Estándar = $\sigma = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	0,157	0,0033	0,0036
Este dato es el tamaño de muestra determinado (n)	20	20	20
Tolerancia de Especificación + -	0,1	0,01	0,01
$\bar{X} = \bar{\mu}$	65	0,040	0,10
$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$	0,035	0,000730	0,0004
Para encontrar t en el área 0,10 en	1,729	1,729	1,729

los dos extremos, considerando los grado de libertad de acuerdo al g tamaño de muestra, este dato se puede ver en el apéndice de la tabla A4 de la distribución T de Student.			
TOLERANCIAS NATURALES			
D. EXTERNO D. INTERNO LONGITUD			
$LCI = [\hat{\mu} + t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{x}}] =$	65,061	0,041	0,101
$LCI = [\hat{\mu} - t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{x}}] =$	64,939	0,039	0,099
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			
Especificación Superior (ES)=	65,100	0,050	0,110
Especificación Inferior (EI)=	64,900	0,030	0,090
CAPACIDAD DEL PROCESO			
$\hat{C}_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} =$	0,212	1,021	0,927
$\hat{C}_{pk} = \min \left(\frac{u - EI}{3\sigma}, \frac{ES - u}{3\sigma} \right) =$	0,196	0,904	0,454
$Z_i = \frac{u - EI}{\sigma} =$	0,685	2,711	4,198
$Z_s = \frac{ES - u}{\sigma} =$	0,5892	3,41	1,36

Fuente: Muestra de datos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El valor de Cp es menor que 1, por lo tanto el proceso no es capaz y está dentro del porcentaje de especificación del 47, 591% y con un valor sigma de 1,440 del diámetro externo y el Cp del diámetro interno es mayor que 1 por lo tanto es proceso es aceptable. Se necesita la mejora solo en el diámetro externo.

2.1.4.3 Nivel de Calidad del cepillado

Los datos son muestras para realizar el cepillado de engranes internos de acero, los siguientes datos fueron medidos para saber el nivel sigma de la situación actual del proceso.

Determinación del tamaño de la muestra (n)

Cuadro 23: Para determinar el tamaño de muestra del cepillado

Tamaño de muestra n	
e	0,11
p	0,5
q	0,5
$n = \frac{p * q}{e^2} = \frac{0,5 * 0,5}{0,11^2} =$	20,6
	Población finita

Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml#ixzz2MfgkYR2U>

Se utilizó el método de computación digital

Para conseguir números aleatorios se utilizó el Excel, que se puede utilizar con las funciones: **ENTERO** y **ALEATORIO**.

- Función ALEATORIO (), genera un número al azar entre (0 y1) y no tiene argumentos.

-Función ENTERO (valor) devuelve la parte entera de un número decimal.

Cuadro 24: Datos de muestras de cepillado



Diámetro interno en mm	Altura del engrane en mm	Longitud del engrane en mm
18,55	2,00	20,00
18,60	1,98	20,00
19,01	1,97	19,84
19,20	1,90	19,89
18,90	1,99	19,85
18,85	1,85	19,80
18,75	2,00	19,86
19,08	2,01	19,70
18,56	1,70	19,84
18,89	1,80	19,80
18,75	1,55	19,89
19,03	1,86	19,44
18,86	1,51	19,04
18,12	1,94	19,10
19,08	1,92	19,20
18,10	1,97	20,01
18,95	1,99	20,00
18,98	1,89	19,10

	19,09	1,87	19,59
	18,95	1,99	19,80
	19,01	1,83	19,86
	18,22	1,67	20,01
	18,93	1,78	20,00
	18,52	1,95	20,00
	18,49	1,59	19,98
Sumatoria	462,65	46,51	493,60
Media = $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	18,779	1,86	19,74
$\sigma = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	0,318	0,161	0,308
Este dato es el tamaño de muestra determinado (n)	25,000	25,000	25,000
Tolerancia de Especificación + -	0,1	0,1	0,1
N = valor nominal	19,0	2,000	20,000
$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$	0,077	0,039	0,075
Para encontrar t en el área 0,10 en los dos extremos, considerando los grado de libertad de acuerdo al g tamaño de muestra, este dato se puede ver en el apéndice de la tabla A4 de la distribución T de Student.	1,7108821	1,7108821	1,7108821
TOLERANCIAS NATURALES			
	DIAMETRO EXTERNO	D. INTERNO	ALTURA LONGITUD
$LCS = [\hat{\mu} + t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{x}}] =$	19,11	2,001	20,123
$LCI = [\hat{\mu} - t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_{\bar{x}}] =$	18,891	1,999	19,877

LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			
Especificación Superior (ES)=	19,100	2,10	20,100
Especificación Inferior (EI)=	18,900	1,900	19,900
CAPACIDAD DEL PROCESO			
$\hat{C}_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} =$	0,105	0,207	0,108
$\hat{C}_{pK} = \min \left(\frac{u - EI}{3\sigma}; \frac{ES - u}{3\sigma} \right) =$	-0,127	-0,082	-0,169
$Z_i = \frac{u - EI}{\sigma} =$	-0,382	-0,246	-0,506
$Z_s = \frac{ES - u}{\sigma} =$	1,011	1,491	1,155

Fuente: Muestra de datos de situación inicial

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El valor de Cp es menor que 1, por lo tanto el proceso no es capaz y está dentro del porcentaje de especificación del 68,81% con un valor sigma de 1,9; y con el 86.4% de especificación que corresponde al nivel de calidad del 2,59.

Cuadro 25: Indicadores de la parte inicial

DESCRIPCIÓN DE INDICADORES	INDICADORES	PARTE INICIAL
Tiempo de ciclo en minutos	minutos /unidad	229,80
Producción por hora	unidad / hora	0,261
Productividad mono es la cantidad producida y un solo tipo de insumo	productividad mono (\$)	0,359

Productividad Multifactorial es la producción total y la suma de todos los factores de insumo.	productividad multifactorial (\$)	0,016
Compara el ancho especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud real del proceso.	Cp	0,161
Evalúa la capacidad real de un proceso, tomando en cuenta las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso	Cpk	0,071
Porcentaje de especificación	Porcentaje de especificación	53.08%
Partes por millón	PPM	469241,063
Nivel de calidad	Sigma	1,58

Fuente: Datos de muestra y medición de productividad
Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Estos indicadores están evaluados con los tres procesos más importantes de la microempresa: torneado, fresado y cepillado. El tiempo de ciclo de 299 minutos/unidad está tomado del diagrama de actividades. La productividad mono de 0.35 (\$), esta evaluada con el recurso de energía de las tres máquinas. La productividad multifactorial de 0.016 (\$), fue evaluada con los tres insumos mano de obra, materia prima y energía.

Los índices están evaluados con datos del diámetro externo. El valor Cp de 0.16 indica que la capacidad del proceso debe ser mejorada; el 53.08% que la producción está dentro de las especificaciones, las parte por millón indica los 469241,063 defectos por un millón de oportunidades. Mientras que el sigma de 1.581 indica el nivel de calidad que la microempresa tiene en los procesos de torneado, fresado y cepillado.

Además cabe recalcar que según las encuestas realizadas a los clientes (externos) de la mecánica "GONZA" la calidad en su servicio está en 42.6%, este porcentaje no supera el 50% ya que tiene 3 quejas de clientes que corresponden al 8.3%, que significa pérdidas de 122,85\$ mensuales, según fuente de facturación de 36 clientes potenciales.

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTAR LA HERRAMIENTA DMAIC PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

3.1 Justificación de la propuesta

La falta de manteniendo de las máquinas, la materia prima no clasificada, una desorganización en las actividades y el no tener los procesos estandarizados la mecánica “GONZA”, ha ocasionado inconvenientes para el desarrollo de nuevos productos, creando una mala imagen de la empresa frente a sus clientes. Este hecho influyó de gran manera a la ejecución del presente proyecto, el cual mermará el ineficiente desarrollo y bajo control de las actividades concernientes a los procesos de la mecánica.

El presente diseño ha recopilado información de la empresa gracias a la observación directa del autor, entrevista al propietario, encuestas realizadas a sus clientes, empleados y a estudios de métodos y procedimientos ya existentes que sirvan de ejemplo para solucionar la situación de la mecánica “GONZA”.

El procedimiento significa una propuesta formal de DMAIC, la cual organizará, controlará y mejorará constantemente el flujo de actividades que están relacionadas con los procesos de torneado, fresado y cepillado, ya estos se convierten en los procesos claves de la microempresa.

Este plan está diseñado con el objetivo de que el manejo del mismo sea lo más sencillo posible, sin descuidar aspectos fundamentales o básicos que no pueden ni deben ser omitidos, además busca que su aplicabilidad se mantenga con el paso del tiempo y pueda ser adaptable a todas las áreas del entorno productivo.

3.2 Objetivo de la propuesta

3.2.1 Objetivo General

Mejorar la productividad y calidad de la mecánica “GONZA”, mediante la aplicación de la estrategia DMAIC.

3.2.2 Objetivos Específicos

- Definir el problema e identificar las necesidades de los clientes, para el mejoramiento de la calidad y productividad.
- Medir el rendimiento actual del proceso y generar bases para encontrar la solución al problema.

- Analizar la causa raíz e implantar las alternativas de solución para evaluar el impacto de mejora.
- Controlar para mantener el proceso bajo control, dejando bases para la mejora continua.

3.3 Descripción de la Aplicación

3.3.1 Definir el proyecto (D)

En esta fase se debe tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver mediante el DMAIC. Por ello será fundamental identificar las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto. Se utilizará las siguientes herramientas: el diagrama de flujo y la técnica del despliegue de función de la calidad (DFC).

3.3.2 Medir la situación actual (M)

En esta etapa se verifica que las variables críticas para la calidad (VCC) puedan medirse en forma consistente, se mide su situación actual y se establece en metas para las (VCC). Esta es una etapa importante porque se da continuidad a la anterior, se recolecta de datos y se realiza un estudio de capacidad (cálculo de los índices Cp y Cpk).

3.3.3 Analizar las causas raíz (A)

La meta de esta fase es identificar la(s) causas(s) raíz del problema, (identificar las x Vitales), entender cómo estas generan el problema, confirmar las causas con datos, para después de ello tener las causas vitales que están generando el problema. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas: lluvia de ideas, diagrama Ishikawa, Pareto, estratificación, mapeo de procesos, los cinco porqués, estudio R&R, etc.

3.3.4 Mejorar las VCC (M)

Todo el trabajo de definir, medir y analizar los problemas del proceso da su beneficio en la fase de mejorar, siempre que el equipo y la organización lo apliquen adecuadamente, en esta fase es importante buscar métodos para aumentar los beneficios al máximo. Es muy común en esta fase diseñar/rediseñar e implantar nuevos procesos de trabajo eficaces.

Si existe alguna manera de que las soluciones ayuden a remediar otras cuestiones, conviene aprovecharlas, mientras que los riesgos sean aceptables, para ello es necesario experimentar con las soluciones que se desean establecer y finalmente solucionar. Las herramientas de mucho aporte son: lluvia de ideas, técnicas de creatividad para determinar las alternativas de mejores soluciones.

3.3.5 Controlar para mantener la mejora (C)

El objetivo de esta etapa es desarrollar un conjunto de actividades para mantener el estado, desempeño del proceso con un nivel que satisfaga las necesidades del cliente y esto sirva de base para buscar la mejora continua. Se debe abordar el control en tres niveles: estandarización del proceso, documentación y para monitorear el desempeño del proceso por medio de las cartas de control.

3.4 Aplicación de la metodología DMAIC

3.4.1 Fase DEFINIR (D)

Descripción del problema: Según datos de la encuesta aplicada a los 36 clientes potenciales, se tienen problemas en los procesos de torneado con 25%, fresado con 19.4% y cepillado con el 16.7% de satisfacción; que indica que la microempresa está trabajando en sus procesos a un nivel sigma del 1.58; que demuestran que la calidad no es 100% satisfactoria comparado con nuestra política de satisfacción del cliente. El 8.3% de los clientes potenciales han adquirido quejas de los productos, esto significa pérdidas potenciales de 122.85\$ mensuales; dato obtenido de facturación de tres meses.

Esto manifiesta que la calidad se debe mejorar en todos los procesos de la mecánica, por ello la meta de este proyecto es subir el nivel sigma a 2.5. Para esto se ha determinado que los procesos a mejorar son: torneado, fresado y cepillado. No se ha tomado en cuenta soldadura ya que presenta 38.9% de satisfacción del cliente según encuesta del cliente.

La mecánica al momento está fabricando: pernos, tornillos sin fin, tuercas, engranes, bujes, ejes, cojinetes, canal de chavetas, rectificado de superficies cabezotes, etc. Todos estos productos son importantes para los clientes, pero se ha seleccionado el producto estrella la rueda dentada que pasa por los procesos de torneado, fresado y cepillado.

3.4.1.1 Registro e identificación de clientes potenciales

No-	NOMBRE DE CLIENTE O EMPRESA	RUC	DIRECCION
1	Lavanderías Ecuatorianas	1790387815001	Ibarra
2	Carlos Chacón	1705682597001	San José Del Valle
3	Daniel Portilla	1002520516001	Ibarra
4	Luis Villota	803968940	San Lorenzo
5	Eduardo Garcés	1001260114	Otavalo
6	Byron Arturo	1001222601001	Av. Crist. De Troya
7	Ing. Fernando Coronel	1700611550001	Ibarra
8	María Sánchez	1721911993001	Ibarra
9	Jorge Romo	100027350001	Ibarra
10	Felipe Chiriboga	1001922456	Atuntaqui
11	Enrique Valenzuela	1004536800	Bolívar
12	Loster Hidalgo	1003635545001	Parque Industrial
13	Ing. Gonzalo Dueñas	1000453663001	Quito
14	Carlos Ruiz	1002122206001	Ambuquí
15	Néstor Velasco	1000803260001	San Antonio
16	Bryan Román	1002374294001	Otavalo
17	Hugo Yépez	1000706141	Ibarra
18	José Granda	1706282066001	Ibarra
19	Marina Albuja	1002515748	Calixto. Miranda Y Teodoro
20	Hacienda Cohuendo	2000001699001	Chaltura
21	Hacienda Palenque	1701079095001	Salinas
22	Hacienda San José	1791819985001	Salinas
23	Patricia Rosales	1002219168001	Ibarra
24	Aurelio Artiaga	1706161690001	San Lorenzo
25	Marcelo Teneda	1002013165	La Florida
26	Sandra Chamorro	1003358942001	Ibarra
27	NC SERVIMAQ	1001861580001	Av. Crist. De Troya
28	Miguel Macías	924204118	Guayaquil
29	Patricio Hidrobo	1001214020	Av. Mariano Acosta
30	Freddy Santander	1002322087001	Ibarra
31	Coop. Cachimbiro	1091717456001	Chachimbiro
32	Oscar Villarreal	1706585062	Juan León Mera
33	Ecuabloom	179186243001	Urcuquí
34	SAVE Cta.	1091729764001	Av. Crist. De Troya
35	Beatriz Enríquez	1002722060001	Salinas
36	IMBAVIAL	1722683933001	Ibarra

Fuente: Facturero de la mecánica "GONZA"

Elaborado: Luis Urcuango

3.4.1.2 Diagrama de flujo del proceso

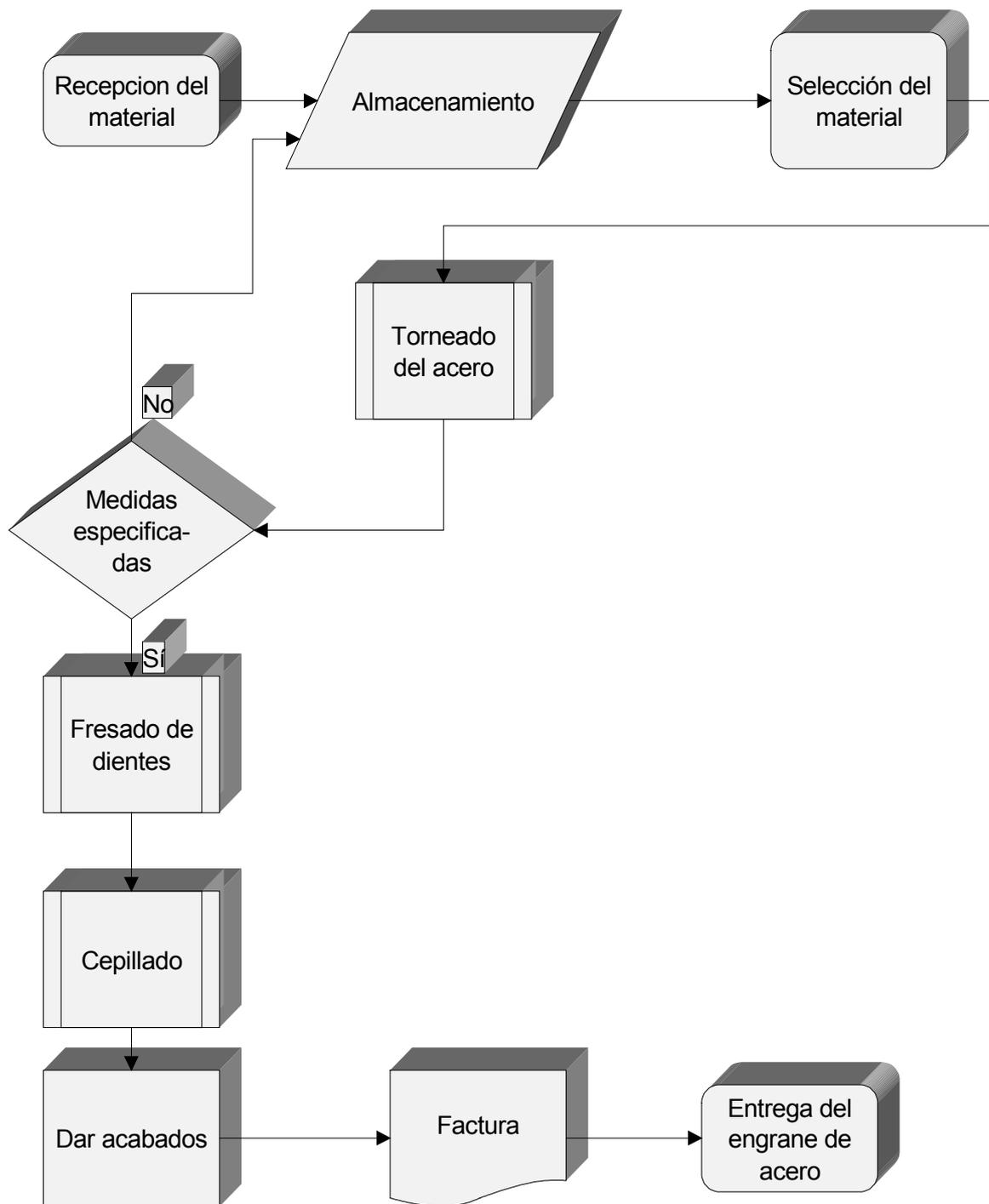


Gráfico 18: Diagrama de flujo del proceso completo.

Fuente: Datos del proceso completo (iGrafx)

Elaborado: Luis Urcuango

3.4.1.3 Descripción del proceso

Recepción del material: En esta etapa se recibe el material del proveedor y se asegura que la calidad sea adecuada.

Almacenamiento: El material se pone en estanterías, bajo techo para evitar el deterioro.

Selección: Se encarga de seleccionar el material más idóneo para la fabricación del engrane.

Torneado: Se somete el material a un proceso de cilindrado con ajuste de medidas de diámetro externo, interno y longitud del engrane.

Medidas especificadas: Medidas del diámetro interno, externo, altura y longitud del engrane, longitud total.

Fresado de dientes: Esta actividad se encarga de realizar el número de dientes del engrane.

Cepillado: Consiste en realizar un canal chavetero en el diámetro interno del engrane.

Dar acabados: Cumplir con detalles de pulido, lijado o dado tratamientos térmicos según requisitos del cliente.

Factura: Llenar datos del cliente.

Entrega: Dar al cliente el engrane de acero.

3.4.1.4 Selección de las variables críticas para la calidad

Cuadro 26: Variables críticas para la calidad (VCC)

Variable del producto	¿Por qué es importante para el cliente?	Situación actual	Prioridad en el proyecto.
Tiempo de entrega	El cliente tiene su tiempo organizado.	Regular	5
Confiabilidad	El cliente puede recomendar a otras personas.	Bueno	4
Número de Quejas por la calidad del producto y servicio.	El cliente da ideas para la mejora del producto y servicio.	Regular	5
Precio competitivo	El cliente relaciona calidad y costo.	Aceptable	2

En el cuadro muestra la prioridad que tendrá cada variable en el proyecto, esta tiene una valoración del 1 al 5, siendo la más alta el 5.

Excelente= 1; Aceptable= 2; Muy buena = 3; Bueno = 4 y Regular = 5.

En el problema de calidad del producto y servicio, es importante delimitar el o los subprocesos que serán analizados para buscar la solución. Para esto se utilizara la técnica de despliegue de funciones para relacionar entre las prioridades y los subprocesos del engrane de acero.

3.4.1.5 Técnica despliegue de función de la calidad (DFC o QFD)

Cuadro 27: Relación entre prioridades y los subprocesos de engranes de acero.

Variables críticas de la calidad	PRIORIDAD	Recepción del material	Almacenamiento	Selección del material	Torneado	Medidas específicas	Fresado	Cepillado	Dar acabados	Factura	Entrega del engrane de acero
Tiempo de entrega	5	1	1	5	3	0	4	2	1	1	1
Confiabilidad	4	3	5	3	2	2	5	3	2	1	3
Número de quejas por la calidad del producto y servicio	5	1	1	1	5	3	5	3	3	3	3
Precio competitivo	2	1	1	1	2	2	3	5	1	2	1
Importancia		24	18	22	28	23	27	25	15	24	15
Importancia relativa		10	8	9	12	10	10	10	10	10	6

Del cuadro se aprecia que los subprocesos que más influyen sobre las VCC son el torneado, fresado y cepillado. Además de acuerdo a las especificaciones del producto (engrane de acero), necesariamente tiene que pasar por los tres procesos

Para esto es necesario identificar las variables de salida del proceso de torneado, fresado y cepillado.

3.4.1.6 Variables de salida

Cuadro 28: Variables de salida de los procesos

Variable de salida	Función o importancia para el producto	Especificaciones	Situación actual	Prioridad tentativa en el proyecto.
Resistencia del material	El grado de dureza refleja la calidad del proceso de torneado y con ello la calidad del engrane	Entre valor máximo y mínimo	Regular (en algunas ocasiones se han detectado problemas leves)	5
Cantidad aceptada	Con este indicador se mide la productividad del proceso	Una meta mensual	Aceptable	2

Conclusión de fase DEFINIR

De esta manera lo hecho en la actividad anterior y ésta las variables críticas de la calidad (VCC), para el proyecto son:

- Resistencia del material en el proceso de torneado, fresado y cepillado para la elaboración de engranes de acero.
- Tiempo de entrega.
- Quejas de clientes por la calidad del producto y servicio.

3.4.2 Fase MEDIR (M)

En esta fase medir están registrados los datos, con las siguientes especificaciones del producto definido(engrane de acero): engrane de 15 dientes, longitud total 50mm, diámetro interno 30mm, diámetro externo 74mm, altura del diente 9mm y un canal de chaveta de 8x4mm, estas medidas son las más importantes para la elaboración de este producto.

3.4.2.1 Registro de Datos

Se utilizó una hoja de recolección de datos como se muestra a continuación.

REGISTRO DE DATOS		
CONTROL DE CALIDAD		
Producto	Engranajes de Acero	
Área	Torneado, Fresado y Cepillado	
Fecha inicio	10/09/12	
Fecha final	28/12/12	
Responsable del trabajo	David Urcuango, Gonzalo Urcuango	
Responsable de Inspección	Luis Urcuango	
No_ de Lote		
No_ total inspeccionado	40	
Observaciones		
Características del producto	Frecuencia	Subtotal
Fallo resistencia	///	3
Fuera de especificaciones	//// //	10
Producto aceptable	//// // // // // // //	27
	Total defectuosos	3
	Total fuera de especificaciones	10
	Total producto aceptable	27
	Total inspeccionado	40

Fuente: Muestra de datos del proceso completo

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Se inspeccionó todos los productos, para tener un total de 40 datos de los cuales solo se tomó en cuenta el producto aceptable.

3.4.2.2 Recolección de Datos

Para la recolección de datos se determinó el tamaño de muestra con un margen de error aceptable del 11%, $p=0.5$ y $q=0.5$

Cuadro 29: Para determinar el tamaño de muestra del torneado, fresado y cepillado.

$n = \frac{p * q}{e^2} = \frac{0,5 * 0,5}{0,11^2} =$	20.6	Población finita
--	------	------------------

Se obtuvo una muestra de 25 datos de productos aceptables de los cuales se determinó que el tamaño de muestra debe ser mínimo de 20 datos.

3.4.2.3 Estudio de capacidad

3.4.2.3.1 Evaluación de los datos

Cuadro 30: Datos de muestras del proceso completo

Fechas	No_	Diámetro externo en mm	Diámetro interno en mm	Longitud del engrane	Canal de chaveta	Longitud total
10/09/2012	1	74,200	30,06	3,00	8,00	5,00
11/09/2012	2	74,045	29,90	3,00	8,00	5,00
13/09/2012	3	74,025	29,85	3,01	8,00	5,00
15/09/2012	4	73,960	30,13	3,00	8,00	5,00
18/09/2012	5	73,860	30,01	3,00	8,00	5,00
23/09/2012	6	73,820	29,80	3,00	8,00	4,98
25/09/2012	7	73,948	29,98	3,02	8,00	5,00
01/10/2012	8	74,050	29,96	3,00	8,00	5,00
08/10/2012	9	74,035	30,06	2,90	7,96	5,01
13/10/2012	10	74,210	30,10	3,00	8,00	5,00
15/10/2012	11	73,950	30,01	3,01	8,00	5,00
16/10/2012	12	73,965	30,02	3,00	8,00	5,00
20/11/2012	13	73,890	29,98	3,00	7,90	5,00
27/11/2012	14	74,100	30,10	3,00	8,00	5,00
04/12/2012	15	73,900	30,05	2,94	8,00	5,00
11/12/2012	16	74,080	29,99	3,00	8,00	4,95
14/12/2012	17	74,150	29,92	3,00	8,01	5,00
16/12/2012	18	73,961	29,95	3,00	8,00	5,00
20/12/2012	19	74,020	29,50	3,00	8,00	5,00

28/12/2012	20	74,030	30,03	3,00	8,00	5,00
Suma		1480,198	599,394	59,88	159,87	99,94
Suma de datos	Suma	1480.098	599.934	59,88	159,87	99,94
Promedio de datos	$\bar{x} = \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	74.009	29,970	2,994	7,994	4,997
Desviación estándar refleja la variabilidad del proceso.	$S = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	0,106	0,138	0,027	0,024	0,012
Tamaño de muestra determinado	(n)	20,000	20,000	20	20	20
Tolerancia	Especificación + -	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Media de la muestra	VCO= $\hat{\sigma}_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	74,000	30,000	3,000	8,000	5,000
Error estándar ayuda a determinar la exactitud de las estimaciones que se hacen con tal estadístico.		0,024	0,031	0,006	0,005	0,003
Valor que se puede encontrar en las tablas del libro de Gutiérrez Pulido	Para encontrar t en el área 0,10 en los dos extremos, se puede ver en el apéndice de la tabla A4 de la distribución T de Student.	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729
TOLERANCIAS NATURALES						
Indica los puntos en donde varía la salida de un proceso	$LCS = [\hat{\mu} + t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_x]$	74,041	30,054	3,010	8,009	5,005
	$LCI = [\hat{\mu} - t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_x]$	73,959	29,946	2,990	7,991	4,995
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN						
		74,100	30,100	3,100	8,100	5,100

Longitud que este dentro de las especificaciones	ESPECIFICACIÓN SUPERIOR (ES)= ESPECIFICACIÓN INFERIOR (EI)=	73,900	29,900	2,900	7,900	4,900
CAPACIDAD DEL PROCESO						
Compara el ancho especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud real del proceso.	$\bar{C}_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$	0,315	0,241	1,251	1,395	2,736
Medida especializada para evaluar el centrado del proceso en términos relativos y porcentuales.	$K = \frac{u - N}{1/2(ES - EI)} * 100 =$	9,900	-30.300	-6,000	-6,500	-3,000
Evalúa la capacidad real de un proceso, tomando en cuenta las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso	$\bar{C}_{pK} = \min \left(\frac{u - EI}{3\sigma}; \frac{ES - u}{3\sigma} \right) =$	0,346	0,168	1,176	1,304	2,654
		0,2284	0,314	1,327	1,485	2,818

Fuente: Medición de capacidad del proceso completo.

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: De acuerdo a los cálculos los valores que corresponden a un Cp menor que 1 son los del diámetro externo e interno, por lo tanto los procesos son incapaces y se requiere de mejoras según tabla 5.1, del libro Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma de GUITIERREZ PULIDO; el índice K indica que esta descentrado a la izquierda de la media con valores negativos y positivos a la derecha. Además está dentro del porcentaje de especificación del 65.36% con un valor sigma de 1,895 correspondiente al diámetro externo y 51.95% de especificaciones con un valor sigma de aceptación del 1,549 correspondiente al diámetro interno.

3.4.2.3.1.2 Graficar capacidad

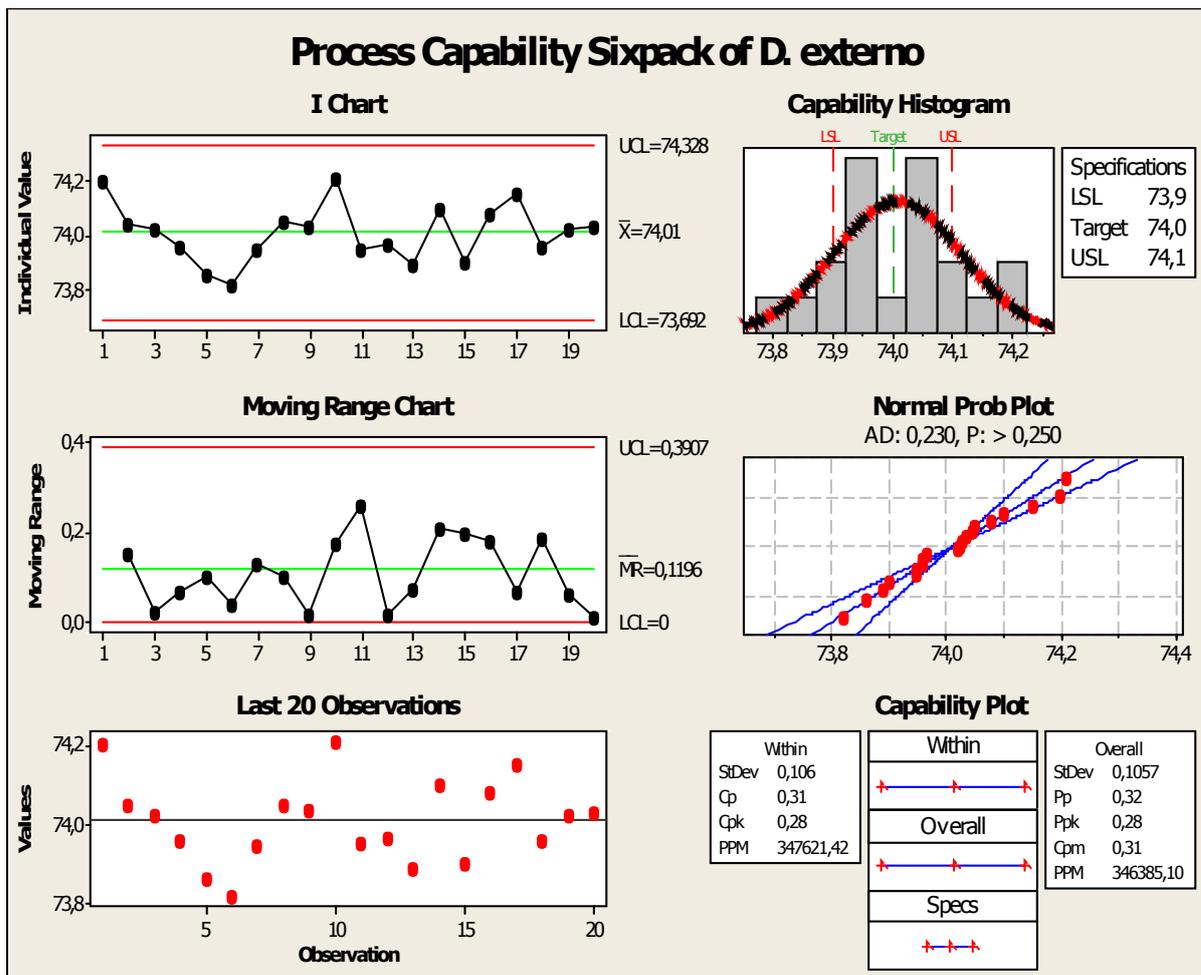


Gráfico 19: Capacidad del proceso (diámetro externo).

Fuente: Datos de muestras del proceso completo

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: El software de minitab es gran ayuda ya que permite graficar histogramas, las cartas de control y la capacidad. El histograma se puede ver que los datos están descentrados a la derecha de la media y en la carta de control se puede identificar que las muestras están dentro de los límites de especificación. Esto significa que la capacidad (Cp) su valor es menor que uno lo que significa que el proceso es incapaz.

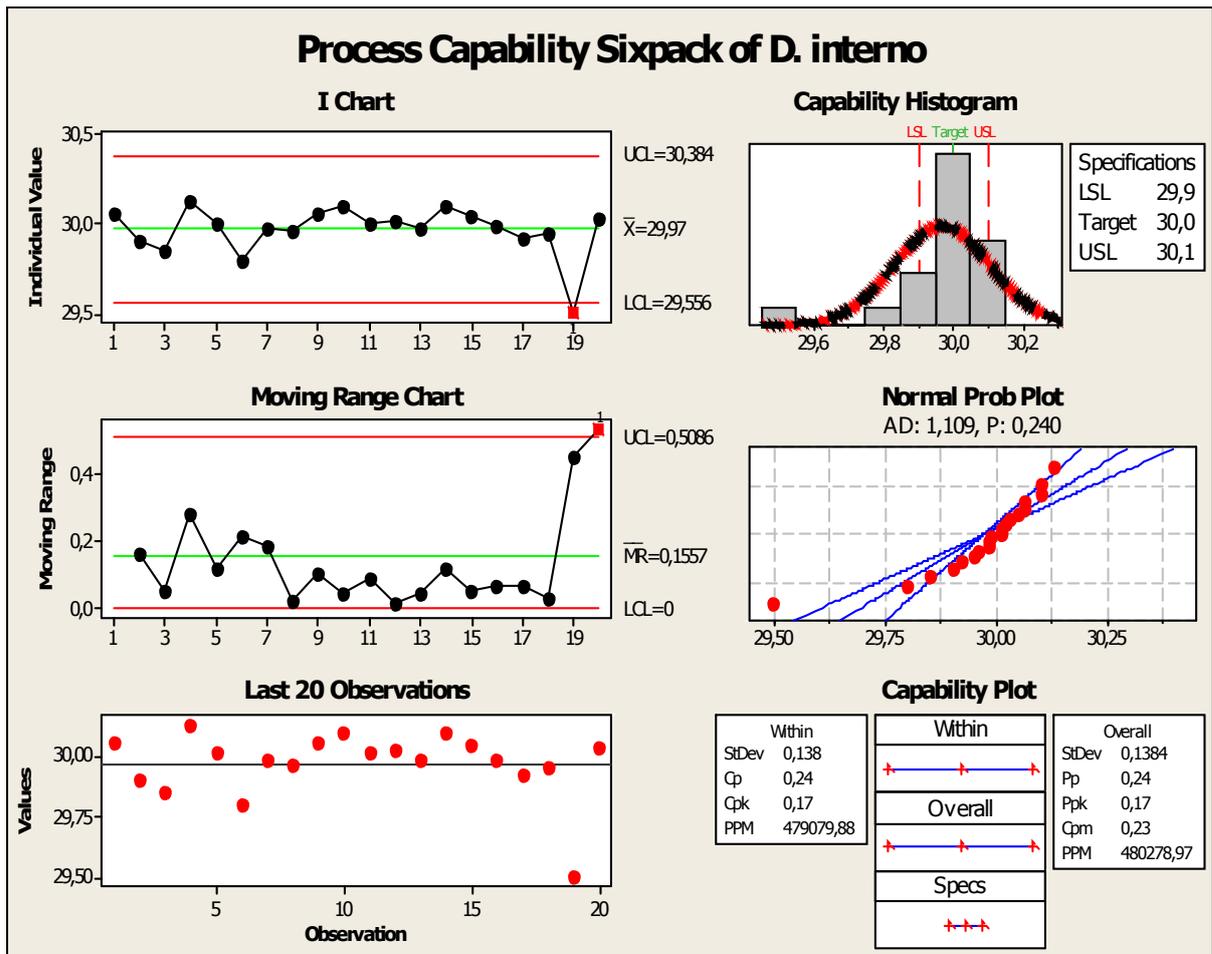


Gráfico 20: Capacidad del proceso (diámetro interno).

Fuente: Datos de muestras del proceso completo

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: En el gráfico del histograma los datos están descentrados a la izquierda de la media y en la carta de control se puede identificar que la muestra 3 está fuera del límite de especificación inferior. Esto demuestra que la capacidad (C_p) es menor que 1; por lo tanto se recomienda hacer una planificación y control de la producción para reducir los defectos en los procesos.

Conclusión de fase MEDIR

- ✓ De acuerdo al estudio de capacidad los valores del C_p son menores que 1, que corresponde a un proceso incapaz, ya que tiene un porcentaje de especificación del 65.36% con un valor sigma de 1,895 correspondiente al diámetro externo y 51.95% de especificaciones con un valor sigma de aceptación del 1,549 correspondiente al diámetro interno.

3.4.3 Fase ANALIZAR (A)

3.4.3.1 Realizar Análisis de Causa- raíz mediante la técnica de los porqués

En esta fase se realiza el análisis de las principales causas para la insatisfacción de los clientes. Para ello se utiliza la técnica de los 5 porqués, esta técnica lo popularizó el Sistema Productivo de Toyota en los años 70, la cual consiste en observar un problema y preguntar: “¿Por qué? y “¿qué causó el problema?

De acuerdo a datos evaluados en la fase anterior y en el análisis de la encuesta el problema está en la calidad con el 42.6% de satisfacción, esto generó la pauta para seleccionar las siguientes preguntas:

¿Por qué está insatisfecho el cliente?

Porque no le entregamos los productos a tiempo, cuando dijimos que lo haríamos.

¿Por qué no pudimos cumplir con el plazo establecido para su entrega?

El trabajo llevó más tiempo de lo que pensamos.

¿Por qué llevó tanto tiempo?

Porque subestimamos la complejidad del mismo.

¿Por qué subestimamos su complejidad?

Porque hicimos una estimación rápida del tiempo necesario para completarlo y no listamos las etapas individuales necesarias para completar todo el ciclo del proceso.

¿Por qué no hicimos eso?

Porque estábamos más pendientes de otros trabajos y nos olvidamos del cliente que fue con anterioridad.

3.4.3.2 Estudio R & R

Cuadro 31: Repetibilidad y reproducibilidad

PERSONA RESPONSABLE: LUIS URCUANGO					AREA: TORNEADO, FRESADO Y CEPILLADO							
ESPECIFICACIÓN:		ES=	74,100	EI=	73,900	No. DE PARTE Y DESCRIPCION : ENGRANE DE ACERO						
TOLERANCIA: 0,200					CARACTERÍSTICA: ACERO 3415							
No DE PARTES r = 10		No DE OPERADORES 2			No DE ENSAYOS n = 2			FECHA:				
COLUMNA	1				2		2		3			
OPERADOR	A.-	GONZALO			B.-	DAVID			C.-			
MUESTRA	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	RANGO	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	RANGO	1er. INT.	2do. INT.	3er. INT	RANGO
1	74,200	73,800		0,40	74,162	74,160		0,00				
2	74,140	73,950		0,19	74,350	73,770		0,58				
3	73,980	73,890		0,09	74,068	78,900		4,83				
4	73,960	73,670		0,29	73,840	73,680		0,16				
5	73,860	73,900		0,04	73,610	73,840		0,23				
6	73,820	74,080		0,26	73,870	74,150		0,28				
7	73,760	74,150		0,39	73,980	74,150		0,17				
8	74,050	73,960		0,09	73,750	74,200		0,45				
9	74,110	74,050		0,06	74,100	74,100		0,00				
10	74,210	74,090		0,12	74,300	74,090		0,21				
TOTALES	740,09	739,54		1,93	740,03	745,04		6,91				

A1 =	740,09	R. PROM. A =	0,20	B1 =	740,03	R. PROM. B =	1,16	C1 =	R. PROM. C =
A2 =	739,54			B2 =	745,04			C2 =	
A3 =	0,00			B3 =	0,00			C3 =	
SUMA A =	1479,63	SUMA B =	1485,07	SUMA C =					
X PROM. A =	73,98	X PROM. B =	74,25	X PROM. C =					
X PROM. MAXIMO =		74,254		R. PROM. A =		0,20			
X PROM. MINIMO =		73,982		R PROM. B =		1,16			
DIFERENCIA =		0,272		R PROM. C =		0,00			
diff. X PROM. =		0,272		SUMA =		1,36			
				PROMEDIO R =		0,681			
LCS =	(R) (D4)			ENSAYOS	D3				
LCS =	0,681	3,270	* UCLR = 2,228178	0-7	0				
LCS =	2,228178								
LCI =	(R) (D3)			ENSAYOS	D4				
LCI =	0,68	0	* LCLR = 0	2	3,27				
LCI =	0			3	2,57				

Cuadro 32: Análisis del estudio R&R

ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE MEDICIÓN					% VARIACIÓN DE LA UNIDAD DE MEDICIÓN						
REPETIBILIDAD - VARIACIÓN DEL EQUIPO (V.E.)					% DE VARIACIÓN EN EL EQUIPO (% V.E.)						
V.E. =	(	)	( k1)		% V.E. =	100 (	V.E.	/	Tolerancia)	
V.E. =	0,681		0,8862	INSTR.	k1	% V.E. =	100 (	0,604	/	2,702
V.E. =	0,604			2	0,8862	% V.E.	22,34				
				3	0,5908						
$\sigma_{\text{repeti}} = VE/cte Z$				cte Z =		2,702					
$\sigma_{\text{repeti}} =$	0,223						22,34%				
REPRODUCIBILIDAD - VARIACIÓN DEL OPERADOR (V.O.)					% DE VARIACIÓN EN EL OPERADOR (% V.O.)						
$VO = \sqrt{(\quad)}$											
V.O. =	(0,272	0,7071) ² - (0,604) ²	% V.O. =	100 (V.O.	/	Tolerancia)
					10	2	% V.O. =	100 (0,137	/	2,702
V.O. =	0,036991	-	0,01823214				% V.O.	5,07			
V.O. =	0,137			OPER.	k2		% V.O. =	5,07%			
$\sigma_{\text{reprod}} = VO/cte Z$				2	0,7071						
$\sigma_{\text{reprod}} =$	0,051			3	0,5231						
				n= número de partes							
				t =número de ensayos							
REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (R & R)					% DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (% R&R)						
EM = R&R=	$\sqrt{\quad}$										
R & R =	(	0,604	)²	+	(	0,137	)²	%R&R =	500,289666	
R & R =	0,383							%R&R =	22,37		
R & R =	0,619										
$\sigma_{R \& R} = R \& R / cte Z$											
$\sigma_{R \& R} =$	0,229										

Fuente: Estudio R&R del proceso completo.

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: Para realizar el estudio R&R se tomó la muestra a dos operadores cada uno con dos muestras, los resultados muestran que el operador tiene un porcentaje de variación menor al 10%, que es aceptable. Mientras que el instrumento de medición tiene una variación de 22.34%, lo que significa que está en el rango de 10% al 30%; por lo tanto el proceso no es aceptable, se recomienda cambiar un instrumento que esté ligado a la actualidad, ya que con ello habrá menos errores en la medición, se mejorara la productividad y el sistema será aceptable.

Conclusión de fase ANALIZAR

- Falta de planificación en las distintas actividades.
- Instrumentos de medición obsoletos, es necesario cambiar para conseguir medidas más exactas.
- Procesos no estandarizados, se necesita revisar el procedimiento de estimación y especificación del tiempo estándar en un manual de procedimientos.

En la siguiente fase se muestran éstas y otras alternativas de solución.

3.4.4 Fase MEJORAR O IMPLEMENTAR (I)

En esta eta se propone, se implementa y se evalúa las mejores soluciones que atienda la causa raíz detectada antes.

3.4.4.1 Lluvia de ideas de posibles de alternativas de solución

- A. Estandarización de los procesos por medio de un manual de procedimientos, para evitar las quejas de entrega a tiempo.
- B. Actualización de la tecnología por medio de un computador, para la realización de los roles pagos, impresión de facturas, diseños de nuevos productos, planificación y control de los procesos.
- C. Implementar nuevos dispositivos de medición como micrómetros y calibradores pie de rey digitales los mismos que permitan obtener la medición sea más precisa y rápida.
- D. Capacitar a los trabajadores en cursos relaciones con los procesos que maneja la mecánica “GONZA” y en uso adecuado de los nuevos dispositivos de medición.
- E. Facilitar el acceso a información oportuna y válida relacionada con su área de responsabilidad.
- F. Realizar periódicamente el mantenimiento preventivo en equipos y maquinas herramientas de la mecánica.
- G. Dotar de elementos de protección personal como: mascarillas, tapones, gafas, guantes, calzado y ropa de trabajo, ya que son necesarios para evitar accidentes.
- H. Entregar al trabajador materia prima garantizada, para que el resultado sean productos de mejor calidad y no pierda tiempo construyendo productos que disminuyan la productividad.
- I. Realizar repisas para estandarizar la materia prima, es una manera de mantener el orden, la limpieza, la seguridad y ahorro de tiempo para asegurar que el proceso sea tan corto como lo quieran los clientes.
- J. Proveer el ambiente propicio al personal para la mejora de sus procesos y facilitar al cliente un espacio apropiado para la espera del producto.

3.4.4.2 Técnica de creatividad

Cuadro 33: Matriz de prioridad para seleccionar las mejores soluciones

CRITERIOS	Solución	Alto impacto	Más rapidez	Mejor tecnología	Más facilidad	Opini3n del cliente	Meno s costo	suma de peso x rango
		1,5	1,25	1	0,8	0,5	0,3	
MANUAL	A	5	3	4	1	4	3	23,35
ACT. TECNOLG.	B	3	1	3	1	3	5	18,35
DISP. DE MEDICIÓN	C	3	5	3	2	3	5	24,15
CAPACITACION	D	4	3	1	2	1	5	19,15
COMUNICACIÓN	E	2	2	1	4	3	3	16,5
MANTENIMIENTO	F	3	3	2	3	3	1	17,45
E. P. PERSONAL	G	5	2	2	3	5	2	22,2
MATERIA PRIMA	H	5	2	2	3	5	3	23,2
ESTANTERIA PARA MATERIAL	I	4	3	1	5	3	2	20,55
AMBIENTE PROPICIO	J	5	1	4	3	2	3	20,95

Fuente: Matriz para seleccionar las mejores soluciones.

Elaborado: LUIS URCUANGO

Análisis: Por medio de la matriz de prioridad se evaluaron las soluciones propuestas con los criterios de mayor impacto para los clientes internos y externos. Además se ha tomado las soluciones que contengan una puntuación igual o mayor a 20 puntos para la implementación:

- ☛ Manual de procedimientos con un puntaje de 23,35; tiene mayor impacto, utiliza la tecnología, la opinión del cliente es buena y el costo es aceptable.
- ☛ Dispositivos nuevos de medición con 24.15; el impacto es aceptable, ya que es más rápido, es más costoso pero evita errores en las mediciones y con ello mayores utilidades para la mecánica.
- ☛ Los equipos de protección personal con el 22.2; tiene mayor impacto, la opinión del cliente es aceptable ya que no demanda de mucha inversión mientras que el personal este prevenido de los accidentes.
- ☛ La materia prima con 23.2 su impacto es alto, la opinión del cliente es alta ya que determinan que el material sea garantizado sin importar el costo del producto.

- ⊗ Estanterías para los materiales con 20.55; el impacto es aceptable, se puede hacer con facilidad con el personal de la misma mecánica y tendría un bajo costo.
- ⊗ Mejoramiento del ambiente de trabajo, para dar una buena imagen.

3.4.4.3 Plan de implementación de soluciones

Soluciones para implementar	Enero del 2013	Febrero del 2013	Marzo del 2013	Responsables
Implementación del manual de procedimientos	X			Luis Urcuango
Implementación del calibrador digital y los equipos de P.P.	X			Gonzalo Urcuango
Construcción de estanterías		X		David; Gonzalo Urcuango
Mejoramiento de la imagen de la mecánica		X	X	David; Gonzalo; Luis Urcuango

3.4.4.4 Implementación del Manual procedimientos para el proceso de torneado, fresado cepillado

3.4.4.1.1 Introducción

El siguiente manual busca que la herramienta DMAIC sea utilizado por medio de diagramas, gráficos, formatos y una documentación técnica que permita no solo informar acerca de seguridad a los empleados, sino también resaltar la productividad y calidad de los productos que oferta la mecánica industrial “GONZA”.

3.4.4.1.2 Datos

EMPRESA	LOGO	FECHA	RESPONSABLE
Mecánica Industrial “Gonza”		04-01-13	Luis Urcuango

3.4.4.1.3 Objetivos

- 3.4.4.1.3.1** Alcanzar el respeto y la confianza del cliente.
- 3.4.4.1.3.2** Compromiso del uso racional de los recursos.
- 3.4.4.1.3.3** Mejorar la competitividad y la calidad frente a la competencia.
- 3.4.4.1.3.4** Conseguir resultados del negocio aceptables, el reconocimiento de la sociedad y el liderazgo frente al sector.
- 3.4.4.1.3.5** Crear el entorno óptimo para el desarrollo personal y profesional de todos sus trabajadores.

3.4.4.1.4 Áreas de aplicación.

- 3.4.4.1.4.1** Área de torneado.
- 3.4.4.1.4.2** Área de Fresado
- 3.4.4.1.4.3** Área de Cepillado

3.4.4.5 Responsables del área

- Gonzalo Urcuango
- David Urcuango
- Luis Urcuango

3.4.4.6 Políticas

- 3.4.4.6.1** Para conseguir los fines propuestos ha desarrollado un modelo de gestión que aporta valor a la organización y se ha establecido actuar en las siguientes líneas:
- 3.4.4.6.2** Asegurar que los productos y servicios cumplen con la satisfacción exigida por nuestros clientes.
- 3.4.4.6.3** Profundizar en el conocimiento de las necesidades y expectativas de los clientes.
- 3.4.4.6.4** Asegurar el cumplimiento de los compromisos legales.
- 3.4.4.6.5** Optimizar el funcionamiento de los procesos a través de la calidad y la eficiencia.
- 3.4.4.6.6** Promover un entorno positivo de desarrollo, participación y de formación con los empleados.
- 3.4.4.6.7** Colaborar en otras áreas de la microempresa con el fin de mejorar los servicios prestados.
- 3.4.4.6.8** Someter a una revisión anual para identificar las oportunidades de mejora.

3.4.4.6.9 La mecánica industrial “GONZA” ha difundido ésta política a toda su organización y destina los recursos necesarios a la formación de todos sus empleados, para su comprensión y participación por parte de los mismos.

3.4.4.7 Descripción de las actividades

Las operaciones que se realiza en los procesos de torneado, fresado y cepillado son múltiples, pero a continuación se describe algunas actividades.

3.4.4.7.1 Recibir orden de trabajo: El trabajador recibe la orden de trabajo, el tipo de material y tiempo de ejecución.

3.4.4.7.2 Almacenaje del material: De acuerdo a la orden de trabajo el operador selecciona el tipo de material que requiera el proceso, el mismo que está almacenado en la estantería.

3.4.4.7.3 Transporte de materia prima: Si está en bodega y no es demasiado pesado se lo hace manualmente de lo contrario se debe usar montacarga para realizar el montaje a la máquina.

3.4.4.7.4 Montaje del material en la máquina herramienta denominada torno: Se debe sujetar bien el material que se va a trabajar, para no sufrir accidentes.

3.4.4.7.5 Afilar herramienta de corte (cuchilla de acero rápido): El afilado de la cuchilla se realiza en un esmeril, la misma que debe tener un ángulo y un talón acordes para el corte del material.

3.4.4.7.6 Colocar la herramienta de corte: Es la sujeción de la herramienta de corte en un dispositivo denominado portacuchilla.

3.4.4.7.7 Encender el torno: Levantar el switch, encender el botón de la caja y precionar la palanca incendio.

3.4.4.7.8 Calibrar la velocidad: Se debe hacer de acuerdo al material que se trabaja que va desde 25 a 150 rpm para materiales de acero y para bronce, aluminio, teflon, fibra, etc; las velocidades van desde 210 hasta 1200 rpm.

3.4.4.7.9 Centrado del material: El material que se va a trabajar necesariamente debe estar bien centrado, es decir paralelo a la bancada del torno.

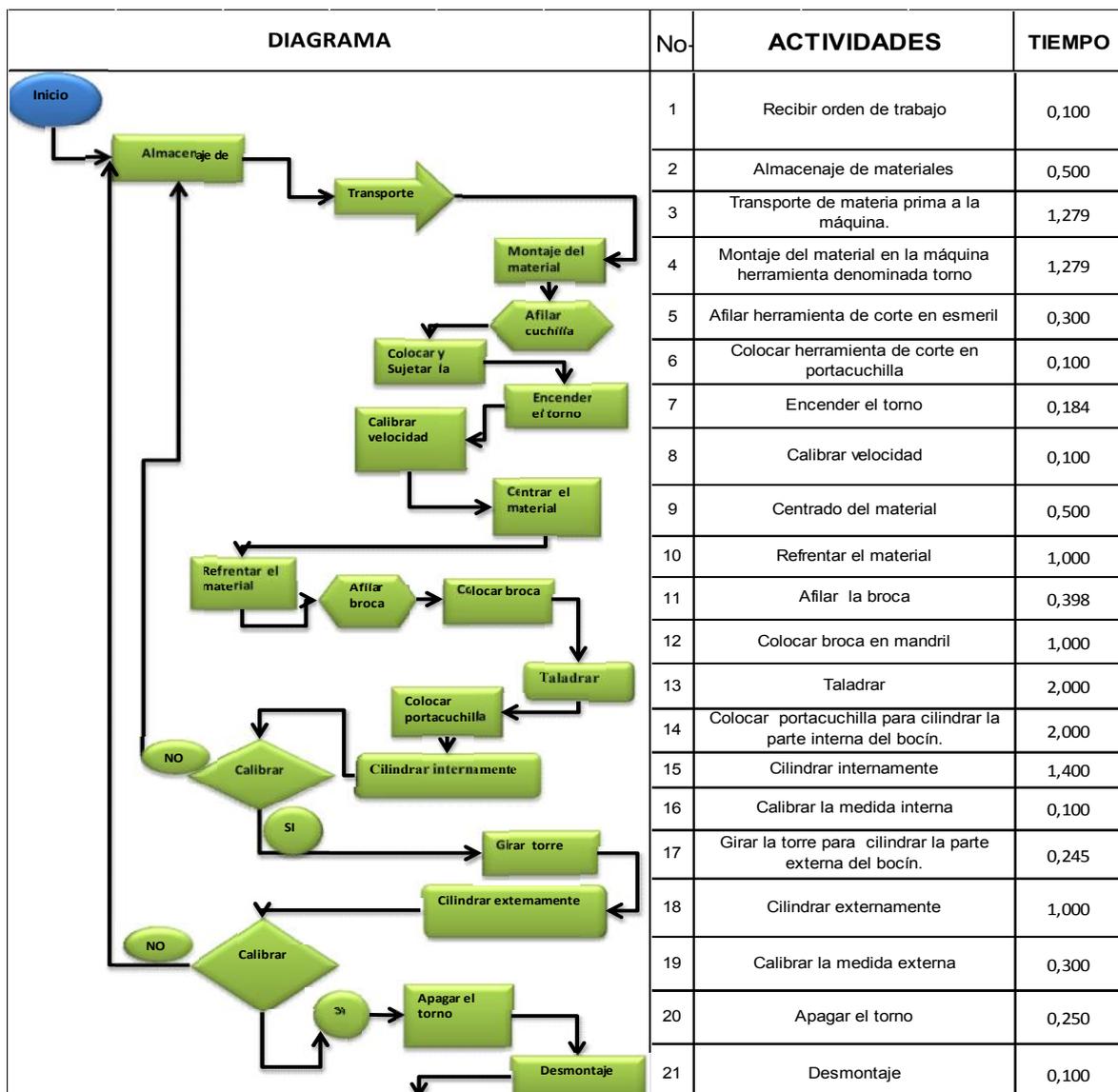
3.4.4.7.10 Refrentado: Esta operación consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de la pieza que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas.

3.4.4.7.11 Afilado de broca: Ésta herramienta debe estar afilada con un ángulo y un talón acordes para tener buenos acabados.

- 3.4.4.7.12 Colocar en mandril:** Si la broca es menor de 30mm va colocada en un mandril que esta incorporado en el torno, pero si es mayor que 30mm se directamente en el cono morse del torno.
- 3.4.4.7.13 Taladrado:** Consiste en la perforación del agujero deseado, con una broca menor al diámetro especificado del producto terminado.
- 3.4.4.7.14 Colocar portacuchilla para cilindrar internamente:** Colocar el dispositivo en la torre del torno.
- 3.4.4.7.15 Cilindrado interno:** Esta operación consiste en la mecanización interior del material.
- 3.4.4.7.16 Calibrar internamente:** Realizar control de las medidas por medio de un compás, calibrador o micrómetros para interiores.
- 3.4.4.7.17 Girar torre:** Se realiza el giro para el siguiente proceso.
- 3.4.4.7.18 Cilindrado externo:** Consiste en la mecanizacion exterior del material.
- 3.4.4.7.19 Calibrar externamente:** Control de medidas por medio de un compás, calibrador o micrómetro para exteriores.
- 3.4.4.7.20 Apagar el torno:** Precionar el boton de la caja y bajar el switches.
- 3.4.4.7.21 Desmontaje:** Aflojar el mandril que sujeta la pieza torneada.
- 3.4.4.7.22 Montaje del material en la máquina herramienta denominada fresadora:** Sujetar el material en el mandril incorporado en la fresadora.
- 3.4.4.7.23 Colocar el módulo o cuchilla de corte:** Colocar el módulo en el dispositivo de la fresadora.
- 3.4.4.7.24 Calibrar cabezal divisor:** Esta operación es de mayor importancia ya que nos indica el número de la tabla, el # de agujeros y el # de vueltas necesarios para realizar el número de dientes que cooresponde a un determinado engrane.
- 3.4.4.7.25 Encender la fresadora:** Levantar el switch, encender el botón de la caja.
- 3.4.4.7.26 Calibración de velocidad:** Se debe hacer de acuerdo al material que se trabaja en este caso la velocidad debe ser 30 rpm.
- 3.4.4.7.27 Fresado de dientes:** Precionar la bancada con el módulo de acuerdo al espesor que se requiere desvastar. Girar el material por medio del divisor.
- 3.4.4.7.28 Calibración de engranes:** Medición de la altura y espesor del engrane.
- 3.4.4.7.29 Apagar la fresadora:** Precionar el botón de la caja y bajar el switches.
- 3.4.4.7.30 Desmontaje:** Aflojar el mandril de la fresadora que sujeta el material fresado.
- 3.4.4.7.31 Montaje del material en la máquina herramienta denominada cepilladora:** Sujetar el material en el mandril incorporado en la cepilladora.
- 3.4.4.7.32 Afilar herramienta de corte en esmeril:** El afilado debe ser de acuerdo al espesor del canal chavetero.

- 3.4.4.7.33 **Colocar herramienta de corte:** Ésta debe estar sujeta en el dispositivo de la cepilladora.
- 3.4.4.7.34 **Calibracion de velocidad:** la velocidad para esta actividad deber ser 25 rpm.
- 3.4.4.7.35 **Cepillar:** Es dar varias pasadas hasta obtener la altura deseada del canal.
- 3.4.4.7.36 **Calibrar medida:** Calibrar altura del canal chavetero.
- 3.4.4.7.37 **Apagar la cepilladora:** Precionar el botón de la caja y bajar el switchs.
- 3.4.4.7.38 **Dar acabados:** Corresponde limado, dado tratamiento y lijado.
- 3.4.4.7.39 **Desmontaje:** Aflojar el mandril que sujeta la pieza cepillada.
- 3.4.4.7.40 **Entrega del producto:** Empaque, embalaje y entrega con su respectiva factura.

3.4.4.8 Diagramas De Flujo



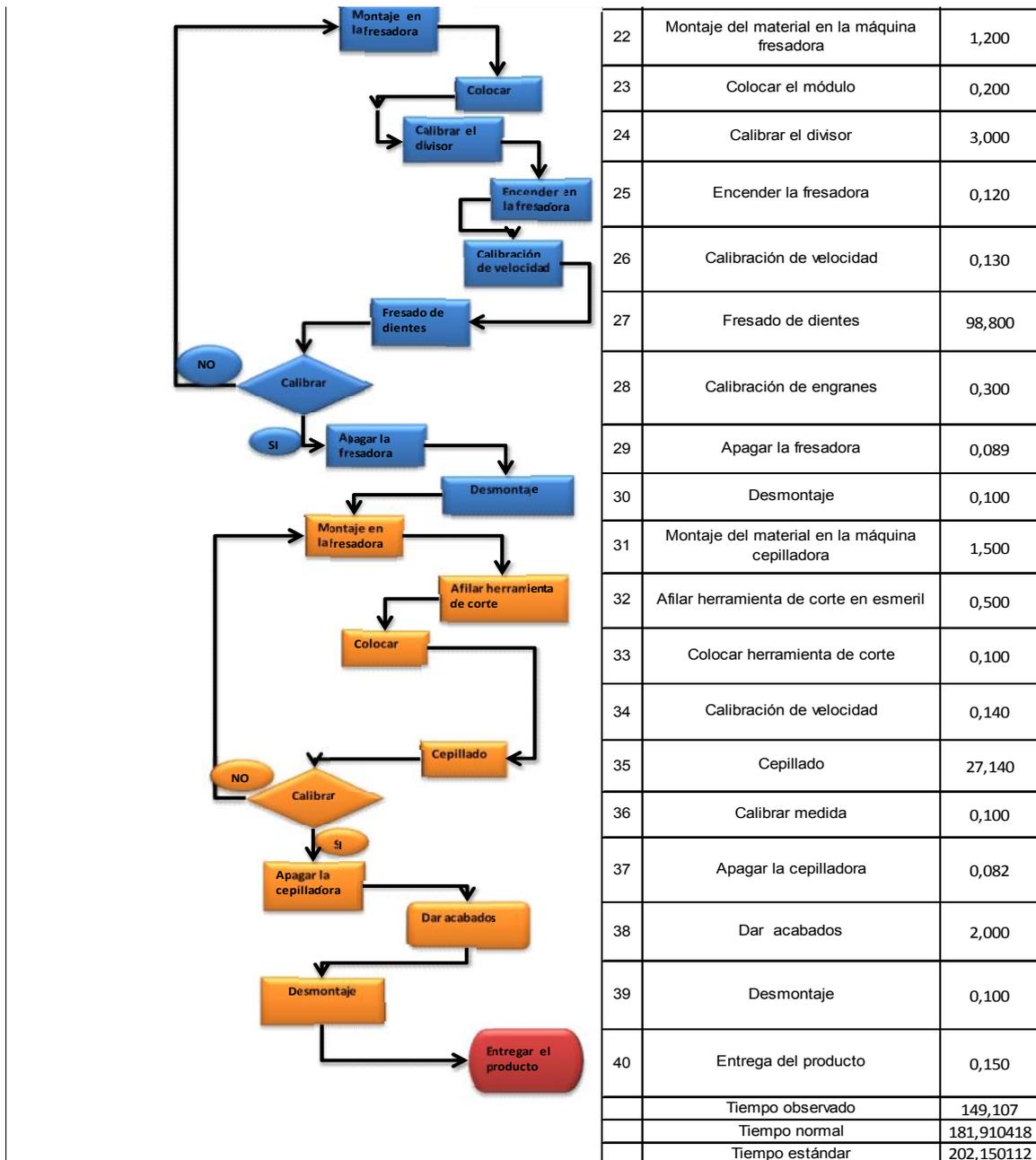


Gráfico 21: Diagrama de Flujo del proceso estándar

Fuente: Formatos y procedimientos estándar

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: Este es un diagrama de flujo estandarizado para los procesos de: torneado, fresado y cepillado de engranes con material de: acero, bronce, aluminio, teflón, etc. La persona que realice este tipo de trabajo debe tener conocimientos de los procesos, sin olvidar que deberá seguir sus respectivas normas de seguridad y la secuencia ordenada de todos los pasos para obtener una mejor productividad.

3.4.4.8 Controles

Se debe realizar control de piezas:

- Inicio de cada turno,
- Cambio de máquina(torno, fresadora y cepilladora)
- Cambio de tipo/modelo/pieza,
- Puesta a punto.

3.4.4.10 Formatos

3.4.4.10.1 Registro de clientes

	MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD			Sección:	
				Elaborado por:	
				Aprobado por:	
REGISTRO DE CLIENTES			Fecha:	Pág.:	
Nombre	RUC	Dirección	Teléfono	Correo electrónico	

3.4.4.10.2 Registro de proveedores

	MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD			Sección:	
				Elaborado por:	
	Aprobado por:				
	REGISTRO DE PROVEEDORES		Fecha:	Pág.:	
Nombre	Material/servicio	Dirección	Teléfono	Correo electrónico	

3.4.4.10.3 Orden de Compra

	MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD			Sección:	
				Elaborado por:	
	Aprobado por:				
	ORDEN DE COMPRA		Fecha:	Pág.:	
Número de pedido:					
Fecha:					
Nombre	Descripción material	Cantidad	Tiempo de entrega	Precio	
			Total		
Pedido por:			Firma:		

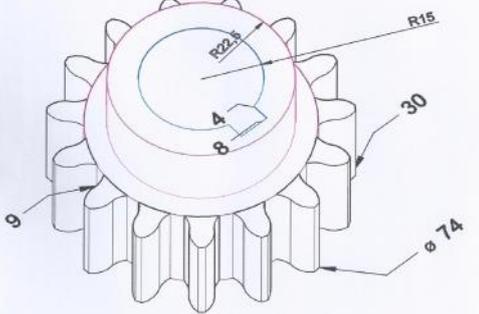
3.4.4.10.4 Orden de trabajo

	MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD		Sección:	
			Elaborado por:	
	ORDEN DE TRABAJO		Aprobado por:	
Fecha:			Pág.:	

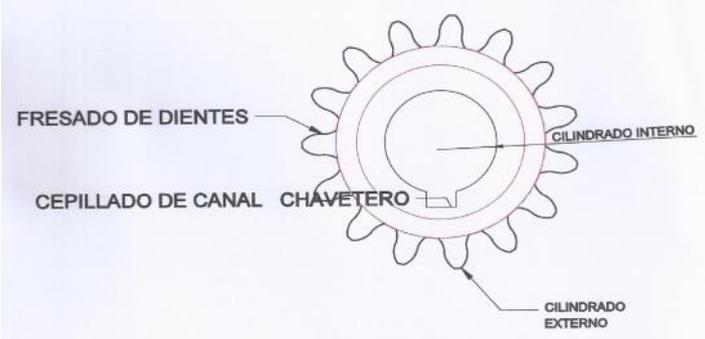
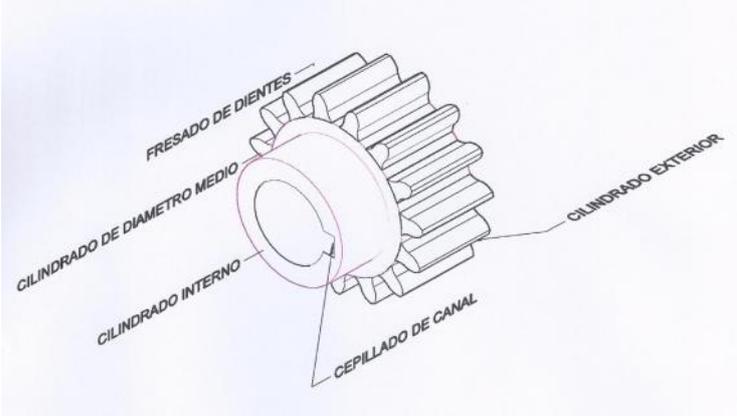
Numero de orden:	
Fecha de emisión:	
Máquina:	
Trabajo solicitado:	
Fecha de entrega:	
Recibido por:	
Observaciones:	

3.4.4.10 Estándares

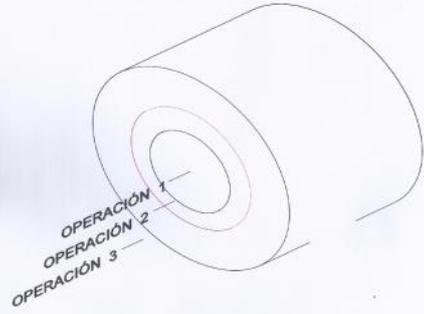
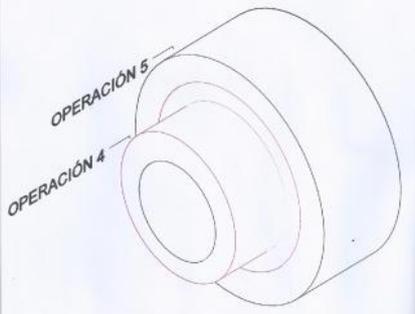
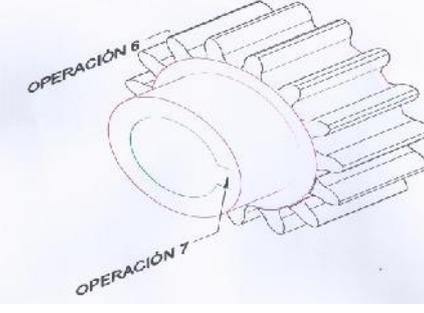
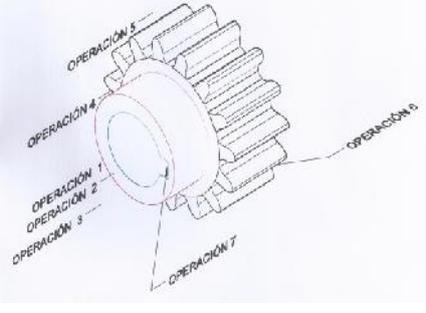
3.4.4.10.1 Ficha Diseño

		FICHA DISEÑO	
DESCRIPCION: ENGRANES DE ACERO			
ESQUEMA DEL PRODUCTO	No_ 001		
FECHA DE ELABORACIÓN	05/05/2013		
ACTUALIZACIÓN DE FICHA			
MAQUINA HERRAMIENTA:	TORNO, FRESADORA Y CEPILLADORA		
EQUIPOS DE MEDICION:	CALIBRADOR DIGITAL,		
ESPECIFICACIONES CON TOLERANCIAS +_ 0,1			
Dimensión	Simbología	Medida(milímetros)	
Diámetro externo	∅	74 +_ 0,1	
Diámetro medio	∅	45 +_ 0,1	
diámetro interno	∅	30 +_ 0,1	
Altura del diente	[]	9 +_ 0,1	
Longitud del engrane	[]	30 +_ 0,1	
Longitud del canal de chaveta	[]	8 +_ 0,1	
altura del canal de chaveta	[]	4 +_ 0,1	
longitud total del material	[]	50 +_ 0,1	
MATERIA PRIMA			
DESCRIPCIÓN	COMPOSICIÓN	PROVEEDOR	
ACERO 3415	Acero aleado	BOHLER	
PROCESOS			
DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN		
REFRENTADO	LATERAL Y FRONTAL		
TALADRADO	PERFORADO		
CILDRADO	INTERNO		
CILINDRADO	EXTERNO		
FRESADO	FRESADO DE DIENTES		
CEPILLADO	CANAL CHAVETERO		

3.4.4.10.2 Ficha de producción

	FICHA DE PRODUCTO		
	Empresa:	Mecánica Industrial "GONZA"	
	Artículo	No_ 001	
	Número de ficha:	1	
<p>Descripción: ACERO 3415 este tipo de material puede soportar grandes cargas así como piezas de mucho desgaste.</p>			
VISTA FRONTAL			
VISTA LATERAL			
FECHA DE ELABORACIÓN	05/05/2013		
FECHA DE ACTUALIZACIÓN			
RESPONSABLE	LUIS URCUANGO		

3.4.4.10.3 Ficha descriptiva

	FICHA DESCRIPTIVA
DESCRIPCIÓN	ACERO 3415 este tipo de material puede soportar grandes cargas así como piezas de mucho desgaste. Se utiliza para partes de máquinas que exijan una superficie muy dura y un núcleo de alta tenacidad, como por ejemplo ruedas dentadas en engranajes de alto rendimiento, eje de levas, etc.
CODIGO	0,001
RESPONSABLE	Luis Urcuango
FECHA	05/05/2013
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center; margin: 5px;">  </div> <div style="text-align: center; margin: 5px;">  </div> <div style="text-align: center; margin: 5px;">  </div> <div style="text-align: center; margin: 5px;">  </div> </div>	
Descripción de operaciones.	
1. Centrado del material en la máquina torno	
2. Taladrado del eje en la máquina torno	
3. Cilindrado del diámetro interno	
4. Cilindrado del diámetro medio	
5. Cilindrado del diámetro externo	
6. Fresado de dientes en la máquina fresadora	
7. Cepillado de canal chavetero en la máquina cepilladora	

3.4.4.10.4 Ficha técnica

		FICHA TÉCNICA			
	FECHA	05/05/2013			
	ELABORÓ	LUIS URCUANGO			
	MUESTRA	1			
	TIPO DE MATERIAL	ACERO 3415			
	DISTRIBUIDOR	BOHLER			
	REF. DEL DISEÑO	No_ 001			
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL					
TIPO DE MATERIAL: ACERO 3415					
ESPECIFICACIONES CON TOLERANCIAS +_ 0,1					
Diámetro externo: La tolerancia del diámetro externo 74 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
Diámetro medio: La tolerancia es 45 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
diámetro interno: La tolerancia es 30 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
Altura del diente: La tolerancia es 9 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
Longitud del engrane: La tolerancia es 30 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
Longitud del canal de chaveta: La tolerancia es 8 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
altura del canal de chaveta: La tolerancia es 4 +_ 0,1 décimas de milímetro.					
longitud total del material: La tolerancia es 50 +_ 0,1 décimas de milímetro.					

PROPIEDADES

S A E	ESTADO	TRATAMIENTO TÉRMICO			PROPIEDADES FÍSICAS (valores medios)				DUREZA	
		CALENTADO A °C	ENFRIADO EN	REVENDO A °C	LIMITE RUPT. kg/mm.2	LIMITE FLUEN kg/mm.2	ALARGAMIENTO % EN 5mm	ESTRICCION %	BRINELL	ROCK WELL
	Norm.	900			57	33	32	65	163	6
	Rec.	840			53	32	40	69	153	4
	Cem.	915	Caja							
		760	Agua		98	77	18	45	293	30
		775	Aceite		98	81	17	48	293	30
		790	Aceite		147	116	13	45	415	43

3.4.4.11 Terminología

- 3.4.4.11.1 **Broca:** Herramienta que sirve para realizar agujeros.
- 3.4.4.11.2 **Cabezal divisor:** Dispositivo incorporado en la cepilladora o fresadora que sirve para la división del número de engranes.
- 3.4.4.11.3 **Calibrador de pernos:** Tipo de calibrador pasa/no pasa que determina si las características internas de una pieza están dentro de los límites especificados.
- 3.4.4.11.4 **Calibre:** Instrumento de medición con dos pares de mordazas en un extremo y una barra larga que contiene una escala marcada de divisiones de unidades. Un par de mordazas mide las características externas y el otro mide las características internas.
- 3.4.4.11.5 **Carga de viruta:** Espesor de las virutas que salen de la pieza durante una operación de corte.
- 3.4.4.11.6 **Cepillado:** Operación de rectificado de superficies planas, inclinadas y canales chaveteros; la máquina herramienta se denomina cepilladora.
- 3.4.4.11.7 **Cono morse:** Agujero en la camisa del contrapunto que se estrecha a un punto y sujeta las herramientas o un punto. Un cono Morse permite a la herramienta bloquearse firmemente y removerse fácilmente.
- 3.4.4.11.8 **Cuchilla de torno:** herramienta que se acopla en el porta cuchillas y que sirve para desbastar.
- 3.4.4.11.9 **Deslizador transversal:** Dispositivo apoyado por el carro que posiciona la torreta hacia y fuera de la pieza de trabajo.
- 3.4.4.11.10 **Escariado:** Proceso de usar una herramienta de corte con un filo cortante recto que agranda o alisa agujeros que se han taladrado previamente.
- 3.4.4.11.11 **Flexión:** Cantidad que una pieza se dobla debido a la presión desde la herramienta de corte.
- 3.4.4.11.12 **Fresado:** Operación de desbaste del material por medio de la herramienta denominada fresadora y según el divisor regula el número de engranes que se desea obtener.
- 3.4.4.11.13 **Golpeteo:** Desarrollo de imperfecciones superficiales en la pieza de trabajo causadas debido a vibraciones de la herramienta de corte. El golpeteo ocurre si la máquina no tiene una rigidez suficiente o si la herramienta de corte se aplica de una manera incorrecta.
- 3.4.4.11.14 **Herramienta de un solo filo:** Herramienta de corte que tiene un solo filo cortante.
- 3.4.4.11.15 **Herramienta para mandrinar:** Barra larga usada para posicionar una herramienta de un solo filo para operaciones de mandrinado.

- 3.4.4.11.16 Indicador de carátula:** Dispositivo de medición usado para indicar el movimiento lineal. Un indicador de carátula con una base magnética es una manera eficiente de medir la distancia entre el carro y el cabezal al cortar piezas a tamaños precisos.
- 3.4.4.11.17 Mandril:** Dispositivo incorporado en el torno, fresadora y cepilladora que sirve para sujetar piezas cilíndricas y excéntricas.
- 3.4.4.11.18 Mandrinado:** Proceso de usar una herramienta de un solo filo para agrandar el agujero preexistente.
- 3.4.4.11.19 Módulos o fresas:** Herramienta que sirve para hacer canales o engranes.
- 3.4.4.11.20 Operaciones de diámetro exterior:** Operaciones de corte realizadas en la superficie exterior de una pieza de trabajo.
- 3.4.4.11.21 Operaciones de diámetro interior:** Operaciones de corte realizadas en la superficie interior de una pieza de trabajo.
- 3.4.4.11.22 Partición:** También llamada separación, una operación de cizallamiento que separa una pieza terminada desde la barra de materia prima.
- 3.4.4.11.23 Portabrocas:** Dispositivo montado en el contrapunto de un torno manual o en un taladro manual que tiene mordazas y un collar que se aprietan para agarrar y sujetar una broca.
- 3.4.4.11.24 Refrentado:** Operación realizada en un torno que avanza una herramienta de un solo filo por el extremo de una pieza de trabajo cilíndrica para crear una superficie plana.
- 3.4.4.11.25 Roscado:** Proceso usado para mecanizar una cresta larga en espiral por la superficie externa o interna de una pieza de trabajo.
- 3.4.4.11.26 Roscado de diámetros internos:** Proceso de cortar roscas internas en una pieza de trabajo con una herramienta de múltiples filos.
- 3.4.4.11.27 Taladrado:** Proceso en el cual la pieza de trabajo se mantiene fija, mientras un cortador giratorio (el taladro) hace un hueco redondo dentro de la pieza de trabajo a una cierta profundidad.
- 3.4.4.11.28 Taladrado con broca de centro:** Proceso en el cual un taladro rígido ubica un agujero exactamente en el centro de una pieza de trabajo. El propósito del taladrado con broca de centrar es establecer un diámetro de la línea central verdadero.
- 3.4.4.11.29 Torneado:** Operación realizada en un torno que alimenta una herramienta de corte a lo largo de una pieza cilíndrica para reducir su diámetro.

3.4.4.12 Registro de nuevos datos

Para la reducir la variabilidad se realizó la medición de nuevos datos los mismos que deberán estar dentro de las tolerancias o limites reales de (LCS=74,046; LCI=73,959 para el diámetro externo) y (LCS=30,054; LCI=29,946 para el diámetro interno); con la especificaciones dadas en el diseño del producto de 74+ 0.1 y 30+ 0.1 décimas de milímetro y de esta manera conseguir el Cp y el nivel sigma mejorado.

Cuadro 34: Mejora del nivel Sigma.

FECHAS	No_	Diámetro externo en mm	Diámetro interno en mm
04/02/2013	1	74,030	30,024
06/02/2013	2	73,940	29,950
06/02/2013	3	74,036	30,010
19/02/2013	4	73,950	30,038
28/02/2013	5	74,035	29,960
11/03/2013	6	74,032	30,010
15/03/2013	7	73,860	29,945
19/03/2013	8	74,025	30,050
21/03/2013	9	73,980	29,860
25/03/2013	10	74,001	29,978
29/03/2013	11	74,020	30,060
03/04/2013	12	73,968	30,015
15/04/2013	13	73,991	30,019
17/04/2013	14	73,900	30,052
30/04/2013	15	74,012	29,950
Suma		1109,780	449,921
$\bar{x} =$		73,985	29,995
$\sigma =$		0,053	0,054
	TOLERANCIAS NATURALES		
Indica los puntos en donde varía la salida de un proceso	$LCS = [\hat{\mu} + t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_x] =$	74,041	30,054
	$LCI = [\hat{\mu} - t_{\alpha/2} \hat{\sigma}_x] =$	73,59	29,946

	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN		
Longitud que este dentro de las especificaciones	ESPECIFICACIÓN SUPERIOR (ES)=	74,100	30,100
	ESPECIFICACIÓN INFERIOR (EI)=	73,900	29,900
	CAPACIDAD DEL PROCESO		
Compara el ancho especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud real del proceso.	$\bar{C}_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$	0,627	0,617
Evalúa la capacidad real de un proceso, tomando en cuenta las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso	$\bar{C}_{pk} = \min \left(\frac{u - \bar{x}}{3\sigma}; \frac{ES - \bar{x}}{3\sigma} \right) =$	0,535	0,584
		0,719	0,649
Probabilidad dentro % de especificaciones del diámetro externo e interno	$P = (74,100 < X < 73,900)$	93.02%	
	$P = (30,100 < X < 29,900)$		93.44%
Partes por millón (PPM)	$= (1 - (\% ESP.)) * 1000000$	69822,74	65570,35
Sigma	$= \text{DIST. NORMAL .ESTAND. INV } (\% ESP.) + 1,51$	2,977	3,010

Fuente: Medición de nuevos datos

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: Realizando los cálculos el valor C_p del diámetro externo tiene un incremento de 0,315 a 0,627; el porcentaje de especificación está en 93.02% y con valor sigma de 2,977. Mientras que del diámetro interno tiene un C_p de 0,617; con 93.44% dentro del porcentaje de especificación y un incremento de 3.01 de nivel de calidad sigma.

3.4.4.13 Evaluar el impacto de mejora

Cuadro 35: Matriz de mejora

INDICADORES	PARTE INICIAL		PARTE FINAL		RECURSO OPTIMIZADO		ACCIÓN DE MEJORA	PLAZO DE EJECUCIÓN	RESPONSABLE
minutos /unidad	229,80		218,16		11,6372		ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	CUATRO MESES	LUIS URCUANGO
unidad / hora	0,261		0,297		0,0357				
productividad mono (\$)	68,852		78,269		9,4174				
productividad multifactorial (\$)	3,094		3,518		0,4240				
Cp	D.externo	D.interno	D.externo	D.interno	D.externo	D.interno			
	0,315	0,241	0,627	0,617	0,312	0,376			
Cpi	0,346	0,168	0,535	0,584	0,188	0,416			
Cps	0,284	0,314	0,719	0,649	0,435	0,335			
Cpk	0,284	0,168	0,535	0,584	0,251	0,416			
Porcentaje de especificación	65,37 %	51,95 %	93,0 %	93,4 %	27,65 %	41,4 %			
PPM	34634 2,2	48048 4,6	6982 2,7	65570,3	48048 4,6	69822,7			
Nivel de calidad Sigma	1,895	1,549	2,977	3,010	1,082	1,461			

Fuente: Datos de muestra y medición de productividad

Elaborado por: Luis Urcuango

Conclusión de fase MEJORAR

- Con la implementación del manual de procedimientos y el cambio de instrumento de medición (calibrador digital). Se mejoró favorablemente, pero la mejora debe ser incesante para llegar a tener en un futuro no muy lejano un $C_p > 1$, que correspondería a tener niveles de calidad cerca de la perfección.
- Respecto a la VCC, el efecto se espera ver reflejado en los próximos seis meses y por lo tanto aún no se tiene la evidencia suficiente para demostrar la disminución de quejas. Sin embargo dado el nivel de mejora de la capacidad, se espera una reducción de 70% en quejas debido al servicio y calidad del producto. Por lo tanto trasladando a lo monetario, significaría un ahorro logrado por el proyecto 86,0012 dólares.

3.4.5 Fase CONTROLAR

En esta fase se mantienen las mejoras a través de tres niveles:

- Estandarización
- Documentación
- Monitoreo

3.4.5.1 Estandarización de los procesos

La finalidad de estandarizar es establecer normas, reglamentos y procedimientos, que señalan como hacer ciertas cosas, para mantener un ambiente adecuado de trabajo.

En esta metodología se tomara en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Es muy importante que todo el personal de la empresa esté enterado de estas metodologías y tengan a su disposición información al respecto.
- Debe existir mucha comunicación sobre estos conceptos en la empresa, para que el interés se vuelva comunitario y se convierta en un impulso diario.
- En este cambio, la participación de todos debe ser desde las primeras etapas para poder lograr su compromiso.

3.4.5.1.1 Establecer normas, reglamentos, procedimientos y fijación del tiempo estándar

3.4.5.1.1.1 Normas para trabajos en el torno, fresadora y cepilladora

- ➡ Utilizar gafas y tapones.
- ➡ No utilizar ropa muy suelta.
- ➡ Usar ropa de algodón y botas puntas de acero.
- ➡ Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina.
- ➡ Es preferible llevar el cabello corto.
- ➡ No utilizar joyas como: anillos, aretes, collares.
- ➡ La iluminación del área de trabajo debe ser de 300 a 500 luxes, para no causar daños a la vista.
- ➡ Debe cuidarse el orden y conservación de las herramientas, útiles y accesorios; tener un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.
- ➡ La zona de trabajo y las inmediaciones de la máquina deben mantenerse limpias y libres de obstáculos.

- Las máquinas deben mantenerse en perfectos estados de conservación, limpios y correctamente engrasados.
- Las virutas deben ser retiradas con regularidad, sin esperar al final de la jornada, utilizando un cepillo o brocha para las virutas secas y una escobilla de goma para las húmedas y aceitosas.
- Las averías de tipo eléctrico solamente pueden ser investigadas y reparadas por un electricista profesional; a la menor anomalía de este tipo desconectar la máquina y comunicar al electricista.

3.4.5.1.1.2 Reglamentos

3.4.5.1.1.2.1 Para la gerencia

- ◆ Desarrollar una adecuada política de precios.
- ◆ Estar al tanto de todas las estadísticas, cifras y razones referentes a su inventario, ventas, ingresos, gastos, inversiones, personal, etc.
- ◆ Tratar con respeto y dignidad a los trabajadores. (Satisfaga sus necesidades y ellos harán lo imposible para satisfacer las suyas).
- ◆ Delegar, pero no olvidar, dar seguimiento a lo que delega.
- ◆ Conocer a los clientes; investigar su motivación de compra. (Satisfaga sus necesidades, obsesiónese por servirle cada día mejor).
- ◆ No llamar la atención en público. Mejor felicitar o reconocer el trabajo bien hecho.
- ◆ Capacitar a los empleados.
- ◆ Contratar al personal más idóneo que esté disponible en el mercado.

3.4.5.1.1.2.2 Para el área de producción

- ⊛ Puntualidad en la entrega de los productos.
- ⊛ Investigación constante de los requerimientos del consumidor.
- ⊛ Selección, recibo y manejo adecuado de las materias primas, para garantizar la calidad de los productos.
- ⊛ Recolección de datos para mantener el control y emprender acciones correctoras cuando sea necesario.
- ⊛ Los equipos de medida calibrador pie de rey, deben tener un manejo adecuado para garantizar la correcta comprobación de los productos.
- ⊛ Elaborar un plan anual de calibración de los equipos.
- ⊛ Realizar mantenimiento preventivo de las máquinas herramientas torno, fresadora y cepilladora.
- ⊛ Elaborar un inventario de todo lo que posee la microempresa.

3.4.5.1.1.2.3 Para el personal

- Los empleados deben tener un compromiso con los proyectos de la empresa.
- Deben conocer las normas de calidad.
- Dar una buena atención al cliente.
- Mantener una buena comunicación ya que el trabajo en equipo es la forma más acertada para realizar un excelente trabajo.
- Concentrarse en la tarea de mejorar continuamente, con la meta de lograr una calidad cada día más perfecta.

3.4.5.1.1.3 Procedimientos

3.4.5.1.1.3.1 Antes de comenzar el trabajo

- Verificar que el plato y su seguro contra el aflojamiento, están correctamente colocados.
- Que la pieza a trabajar esté correcta y firmemente sujeta al dispositivo de sujeción y que en su movimiento no encuentre obstáculos.
- Que esté retirada del plato la llave de apriete.
- Que la palanca de bloqueo del portaherramientas esté bien apretada.
- Que estén apretados los tornillos de fijación del carro superior.
- Si se usa contrapunto, comprobar que esté bien anclado a la bancada y que la palanca del bloqueo del husillo del contrapunto esté bien apretada.

3.4.5.1.1.3.2 Durante el trabajo

- Utilizar los equipos de protección personal.
- Mantenerse concentrado en el trabajo.
- Durante el mecanizado, se deben mantener las manos alejadas de la herramienta que gira o se mueve. Si el trabajo se realiza en ciclo automático., las manos no deben apoyarse en la mesa de la máquina.
- Para torneear entre-puntos se utilizarán dispositivos de arranque de seguridad. En caso contrario, se equiparán los dispositivos de arrastre corrientes con un aro de seguridad. Los dispositivos de arrastre no protegidos han causado numerosos accidentes, incluso mortales.
- Para limar en el torno, se debe sujetar la lima por el mango con la mano izquierda. La mano derecha sujetará la lima por la punta.
- Las operaciones de comprobación, ajuste, deben realizarse con la máquina (torno, fresadora y cepilladora) parada.

- No se debe frenar nunca el plato con la mano. Es peligroso llevar anillos o alianzas; ocurren muchos accidentes por esta causa.

3.4.5.1.1.4 Fijación del tiempo estándar para el proceso de torneado, fresado y cepillado

Para fijar el tiempo estándar se realizó un estudio de tiempos y movimientos de las personas y las distintas actividades que intervienen en los procesos. A continuación se toma en cuenta una serie de parámetros que llevan a la obtención del tiempo estándar para los procesos antes mencionados.

Cuadro 36: Calificación de velocidad

FACTOR	CLASE	CATEGORIA	%
Habilidad	excelente	B1	0,11
Esfuerzo	excelente	B2	0,08
Condiciones	buenas	C	0,02
Consistencia	Buena	C	0,01
Total (c)			0,22

Para la calificación de velocidad se realizó por el MÉTODO DEL SISTEMA WESTINGHOUSE (ver anexo 5 pág. 138). Que toma en cuenta la habilidad o destreza, el desempeño del operador, consistencia y las condiciones de ambiente de trabajo

El resultado total de (c) quiere decir que el operario presenta una eficiencia de trabajo del 22%.

Cuadro 37: Tiempo normal

CALCULO DEL TIEMPO NORMAL			
$Cv=1+ c=$	1	0,22	1,22
$TN=TPS \cdot Cv=$	149,11	181,9104	minutos

Donde Cv es el coeficiente de valoración que es igual a la unidad y sumado el resultado de la calificación de velocidad. El TPS es el promedio de diez tiempos que fueron observados.

Cuadro 38: Tolerancias fijas

TORELANCIAS FIJAS	MINUTOS
TIEMPO DE PREPARACION INICIAL	10
TIEMPO DE PREPARACION FINAL	15

Para las tolerancias se tomó el tiempo inicial como preparación y arranque de la máquina y el tiempo final limpieza de la máquina y organización de herramientas.

Cuadro 39: Jornada efectiva de trabajo

CALCULO DE JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)			
JET = J T - \sum (Tolerancias fijas)			
JET=480 - (10+15)=	25	455	minutos

La jornada efectiva es discontinua por lo tanto no se tomó el tiempo de almuerzo.

Cuadro 40: Fatiga y necesidades personales

MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA = (concesión % * jornada efectiva) / (1 + concesión %)=	35,55	MINUTOS
NECESIDADES PERSONALES	10	MINUTOS

Se asignaron las tolerancias por fatiga y necesidades personales con el método SISTEMÁTICO para asignar las tolerancias y la hoja de concesiones (ver anexo 6 y 7 pág. 139 y 141).

Cuadro 41: Normalización de tolerancias

CALCULAR LA SUMA DE LAS TOLERANCIAS Y NORMALIZAR			
Normalizando esta jornada se obtiene			
JET - (FATIGA + NP)		—————>	FATIGA + NP
TN		—————>	X
455	45,55	—————>	45,55
181,9104		—————>	X
409.44		—————>	45,55
181,9104		—————>	X
X = T = tolerancia estandarizada		20,239	
Por tanto la sumatoria de las tolerancias es igual		20,239	minutos

Cuadro 42: Tiempo estándar

CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR		
TE=TN+(Σ Tolerancias estandarizada por minuto)		
TN=	181,9104	minutos
Σ Tolerancia estandarizada =	20,240	minutos
TE=	202,150	minutos

Fuente: Tiempo estándar.
Elaborado por: Luis Urcuango

Análisis: Se calculó el tiempo normal considerando el coeficiente de valorización: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia; también se tomó en cuenta el tiempo promedio observado. Además se calculó la jornada efectiva de trabajo tomando en cuenta las tolerancias fijas: el tiempo de inicio, el tiempo final de la actividad. Finalmente se calculó la suma normalizando las tolerancias, para tener como resultado el tiempo estándar de 202,150 minutos para el proceso de torneado, fresado y cepillado del producto engrane de acero.

3.4.5.2 Documentación

Para tener evidencia de las mejoras, se han registrado todas las muestras de los productos terminados con los responsables de cada área (ver anexo 4 pág. 137) y además se ha desarrollado una hoja de procedimientos estándar.

Cuadro 43: Hoja de procedimiento

	PROCEDIMIENTO PARA EL TORNEADO, FRESADO Y CEPILLADO DE ENGRANES DE ACERO	Sección: Torno, Fresadora y Cepilladora	
		Elaborado por: Luis Ucuango	
		Aprobado por: Gonzalo Urcuango	
		Fecha: 10/02/13	Pág.: 1
No.	Descripción de las actividades	TIEMPO (mint)	
1	Recibir orden de trabajo	0,100	
2	Almacén	0,500	
3	Transporte de materia prima a la máquina.	0,500	
4	Montaje del material en la máquina herramienta denominada torno	1,279	
5	Afilan herramienta de corte en esmeril	0,300	
6	Colocar herramienta de corte en portacuchilla	0,100	
7	Encender el torno	0,184	
8	Calibrar velocidad	0,100	
9	Centrado del material	0,500	
10	Refrentar el material	1,000	
11	Afilan la broca	0,398	
12	Colocar broca en mandril	1,000	
13	Taladrar	2,000	
14	Colocar portacuchilla para cilindrar la parte interna del bocín.	2,000	
15	Cilindrar internamente	1,400	
16	Calibrar la medida interna	0,100	
17	Girar la torre para cilindrar la parte externa del bocín.	0,245	
18	Cilindrar externamente	1,000	
19	Calibrar la medida externa	0,300	
20	Apagar el torno	0,250	
21	Desmontaje	0,100	
22	Montaje del material en la máquina fresadora	1,200	
23	Colocar el módulo	0,200	
24	Calibrar el divisor	3,000	
25	Encender la fresadora	0,120	
26	Calibrar velocidad	0,130	
27	Fresado de engranes	98,800	

28	Calibración de engranes	0,300
29	Apagar la fresadora	0,089
30	Desmontaje	0,100
31	Montaje del material en la máquina cepilladora	1,500
32	Afilar herramienta de corte en esmeril	0,500
33	Colocar herramienta de corte	0,100
34	Calibrar velocidad	0,140
35	Cepillado	27,140
36	Calibrar medida	0,100
37	Apagar la cepilladora	0,082
38	Dar acabados	2,000
39	Desmontaje	0,100
40	Entrega del producto	0,150
	Tiempo observado	149,107
	Tiempo normal	181,91
	Tiempo estándar	202,150

Fuente: Hoja de procedimiento estándar.

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Este procedimiento contiene las principales actividades para la realización del engrane de acero, con el tiempo normal y tiempo estándar que ya está fijado en la fase de implementación. Además contiene la sección o área de producción, elaborado por el responsable del proyecto, bajo la autorización del propietario y la fecha para actualizar el procedimiento. Además está colocado en un lugar de visible y de fácil acceso.

3.4.5.3 Monitoreo

Para mejorar la calidad, el proceso debe estar en constante monitoreo para verificar si está dentro de las especificaciones de los clientes. Para esto se aplica las cartas de control, se lo hace en forma manual o mediante el software de Minitab.

Cuadro 44: Cartas de medias y rangos móviles (\bar{X} , R)

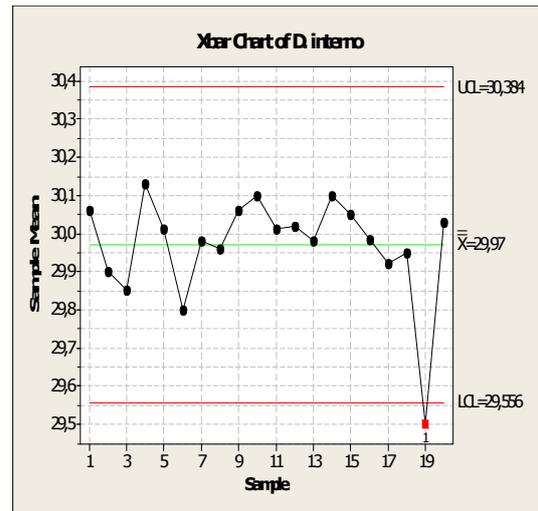
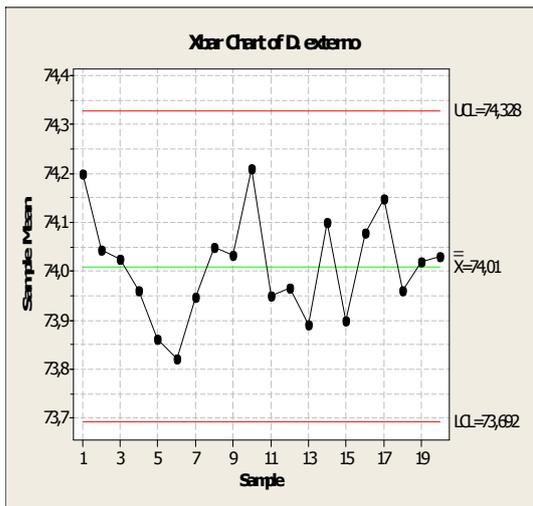
Muestra	Medición diámetro externo	Rango móvil n=2	Medición diámetro interno	Rango móvil n=2
1	74,200	0,0000	30,060	0,0000
2	74,045	0,1550	29,900	0,1600
3	74,025	0,0200	29,850	0,0500
4	73,960	0,0650	30,130	0,2800

5	73,860	0,1000		30,010	0,1200
6	73,820	0,0400		29,800	0,2105
7	73,948	0,1275		29,980	0,1805
8	74,050	0,1025		29,960	0,0200
9	74,035	0,0155		30,060	0,1000
10	74,210	0,1755		30,100	0,0400
11	73,968	0,2425		30,010	0,0900
12	73,960	0,0080		30,020	0,0100
13	73,890	0,0695		29,980	0,0400
14	74,010	0,1200		30,100	0,1200
15	73,900	0,1100		30,050	0,0505
16	74,080	0,1800		30,012	0,0380
17	74,150	0,0700		29,920	0,0915
18	73,960	0,1900		29,950	0,0300
19	74,020	0,0600		29,500	0,4500
20	74,024	0,0040		30,030	0,5300

Constantes	D. externo	D. interno
$\bar{X} =$	74,0057	29,9710
$\bar{R} =$	0,0927	0,1305
$D_4 =$	3,2686	3,2686
$D_3 =$	0,0000	0,0000
$d_2 =$	1,128	1,128
$LCS_{\bar{X}} = \bar{X} + 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right) =$	74,252	30,318
<i>línea central</i> $\bar{X} =$	74,006	29,971
$LCS_{\bar{X}} = \bar{X} - 3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right) =$	73,759	29,624
$LCS_{\bar{R}} = D_4 * \bar{R} =$	0,303	0,427
<i>línea central</i> $\bar{R} =$	0,093	0,131
$LCL_{\bar{R}} = D_3 * \bar{R} =$	0,000	0,000

Fuente: Cartas X, R
Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Para el cálculo manual se realizó por medio de las constantes que se encuentran en la tabla A1 del libro de control estadístico de calidad y seis sigmas de Gutiérrez Pulido.



Gráficos 22: En minitab de Carta medias(X), para el diámetro externo e interno

Fuente: Medición de muestras

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Las gráficas contienen valores antes de implementar las mejores alternativas de solución, en ellas se puede ver que en el proceso para el diámetro externo la gráfica están dentro de los LCS= 74.328; LCI=73.692; y un promedio de 74.01. Sin embargo para el diámetro interno un punto está fuera de LCI =29.556, lo cual se analizó la causa por medio del estudio R&R y se determinó que las condiciones de los dispositivos de medición (calibrador) no eran normales y había que hacer cambios.

Conclusión de fase CONTROLAR

- Se estandarizó el proceso y se fijó el tiempo estándar, esto ayudó a disminuir las actividades que no agregaban valor, optimizando el tiempo y aumentando la producción.
- La documentación se hizo por medio de una hoja de procedimientos, la misma que se colocó en un lugar de fácil acceso para los trabajadores.
- El monitoreo de las cartas de control ayudó a detectar los cambios oportunamente y no después de que lleva horas o días en el proceso.

CAPÍTULO IV

4. CUADROS COMPARATIVOS DEL MEJORAMIENTO PRODUCTIVO

4.1 Nivel de calidad inicial y final

Cuadro 45: Capacidad del proceso inicial y final

CAPACIDAD DE PROCESO				
METRICAS DE SEIS SIGMA	ANTES		DESPUES	
	D. EXTERNO	D. INTERNO	D. EXTERNO	D. INTERNO
ESPECIFICACION SUPERIOR:	74,100	30,100	74,100	30,100
ESPECIFICACION INFERIOR:	73,900	29,900	73,900	29,900
META:	74	30	74	30
PROMEDIO MUESTRA:	74,010	29,970	73,985	29,995
DESVIACION ESTANDAR:	0,1057	0,1384	0,0532	0,0541
CP	0,315	0,241	0,627	0,617
Cpi	0,284067	0,313834	0,718735	0,6491669
Cps	0,34649	0,16788	0,53487	0,58421
Cpk =min(Cpi; Cps)	0,284	0,168	0,535	0,584
PORCENTAJE DENTRO DE ESPECIFICACION	65,31%	51,95%	93,02%	93,44%
PPM	346342,28	480484,61	69822,74	65570,35
NIVEL DE CALIDAD SIGMA	1,89	1,54	2,97	3,010

Fuente: Capacidad de proceso inicial y final

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: Al inicio los procesos estuvieron con un Cp de 0.31 y 0.24; con un porcentaje de especificación del 65% y 51% del diámetro externo e interno respectivamente. Mediante la implementación la capacidad del proceso es de 0,627 y 0.617; con un porcentajes de especificación del 93% y 93,44%; que corresponde a un nivel de calidad de 3 sigma que tiene la mecánica “GONZA” en sus procesos. Con esto se logró cumplir la meta, ya que el objetivo en la fase definir era de 2.5.

4.2 Productividad inicial y final

Cuadro 46: Productividad inicial y final

INDICADORES	Inicial	Final	RECUSRO OPTIMIZADO
Tiempo de ciclo (minutos)	229,80000	202,15011	27,64989
Producción por mes	0,26110	0,29681	0,03571
Producción por día	2,08877	2,37447	0,28570
Producción por operario	2,08877	2,37447	0,28570
Cantidad de operarios	11,49000	10,10751	1,38249
Productividad mono (recurso energía \$.U.h)	0,35860	0,40765	0,04905
Productividad mono (recurso mano obra \$.U.h)	0,05794	0,09884	0,04090
Productividad (\$.U.día)	2,86882	3,26121	0,39239
Productividad (\$.U.mes)	68,85156	78,26901	9,41745
Productividad multifactorial (\$.U.h)	3,09440	3,51837	0,42396

Fuente: Medición de productividad inicial y final

Elaborado: Luis Urcuango

Análisis: El dato de 229.8 minutos corresponde al tiempo de ciclo de la parte inicial, de los procesos de torneado, fresado y cepillado. En la productividad inicial se tomó en cuenta el recurso con menor costo, el mismo que corresponde al costo de energía de la máquina, para ello se ha considerado la tarifa del costo industrial de 0.061\$ el kwh, según fuente de la empresa EMELNORTE del Tecnólogo Rodrigo Reascos. En la productividad multifactorial se consideran recursos utilizados como el costo de mano de obra, materia prima y energía.

Con la implementación de manual de procedimientos y la fijación del tiempo estándar se disminuyó el tiempo de ciclo de 229.8 a 202.152 minutos, optimizando un tiempo de 27,64 minutos, generando más unidades por hora esto significa beneficios para los trabajadores al aumentar el costo a la mano de obra y para los clientes ofertar el producto a un precio competitivo.

4.3 Costos de la implementación

Cuadro 47: Costos de implementación

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO / U	TOTAL
CALIBRADOR DIGITAL	1	140,00	140,00
ESTANTERÍA PARA MATERIA PRIMA (NO INCLUYE M.O.)	2	50,00	100,00
PIZARRON	1	12,00	12,00
PINTURA DEL AREA DE PRODUCCIÓN Y MANO OBRA	1	60,00	60,00
GAFAS	3	3,00	9,00
TAPONES DE OÍDO	2	3,00	6,00
ROPA DE TRABAJO(CAMISA Y PANTALÓN)	3	60,00	180,00
BOTAS PUNTAS DE ACERO (UN PAR)	3	90,00	270,00
COMPUTADOR	1	650,00	650,00
RESMAS DE PAPEL	1	6,00	6,00
ARCHIVADOR DE CARPETAS	1	100,00	100,00
TOTAL DE COSTOS			1.533,00

Fuente: Costos de implementación

Elaborado: Luis Urcuango.

Análisis: Los costos de implementación están incluidos un equipo de medición actualizado para una mejor calibración en las mediciones, al talento humano con un mejor equipo de protección personal, en el área de producción con estanterías para la clasificación de la materia prima, pintura en el lugar de trabajo, en la oficina un archivador de carpetas para la organización de documentos y un computador para una mejor administración. En estos costos no se han incluido los costos de la documentación de tesis.

CONCLUSIONES

- El marco teórico que contiene el presente documento se especificó la teoría sobre la productividad y las técnicas de la metodología DMAIC, que sirvieron como guía a implementarse en la mecánica "GONZA".
- Los clientes de la mecánica consideran que la calidad del producto y servicio proporcionado por la mecánica está en 42.6 % de satisfacción, esto demostró la necesidad de implementar la metodología DMAIC y que permita la mejora de sus actividades.
- De la situación inicial se confirmó que los procesos de: torneado estaba con el 42.87%, fresado con el 47.59% y cepillado 68.55%; es decir que la mecánica estaba con un nivel sigma de 1.58 y con una productividad de 68,85 dólares mensuales.
- Al aplicar la metodología DMAIC, se mejoraron los procesos al 93%, a un nivel de calidad sigma de 2,97 y con una mejora de la productividad de 78,26 dólares mensuales.
- Para finalizar se consideró muy acertada la decisión de la microempresa "GONZA", de la ciudad de Ibarra de implementar la metodología DMAIC, la misma que permitió optimizar recursos técnicos y financieros.

RECOMENDACIONES

- Aprovechar y desarrollar la estrategia DMAIC, en la creación de nuevos productos, mejorando la competitividad empresarial.
- Continuar con la producción y prestación de servicios de torno, fresa y cepillo, aprovechando el talento humano y el contingente empresarial.
- Incrementar los incentivos económicos para valorar las capacidades cognitivas, habilidades y destrezas de los empleados.
- Capacitación constante a los empleados de la mecánica, para ayudar a modificar y formar una cultura cada día más perfecta.
- El sistema DMAIC es un proyecto de mejora continua, por tal razón nuestra empresa debe continuar aplicando este accionar en beneficio de nuestros clientes.

BIBLIOGRAFÍA

- AMSTADER, B. L. (2006). *Matemáticas de la fiabilidad: fundamentos, prácticas*.
- BONO, E. (2005). *Six Thinking Hats*.
- BROWN, S., & MORRINSON, G. (1991). *The Introduction to Six-Sigma Methodology*. Trillas.
- CAMISON ZORNOZA, C. (2006). *Gestión de la calidad*. España: Prentice-Hall.
- CHIAVENATO, I. (2005). *Administración de Recursos Humanos*. México: McGraw-Hill.
- CHIAVENATO, I. (2005). *Administración de Recursos Humanos*. México: McGraw-Hill.
- DEMING, W. D. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- DURAN, M. U. (1992). *Gestion de la calidad*. Madri: Días de santos S.A.
- ESCALANTE Vasquez, E. (s.f.). *Seis - Sigma Metodología y técnicas*. México: Limusa.
- ESCALANTE, V. E. (2006). *Seis sigma*. México: Limusa.
- ESCORCHE, V. y. (1990). *Productividad y Calidad*. Caracas: Corporación Andina de Fomento (CAF).
- Fermín Gómez Fraile, . T. (2005). *Gestion de calidad*. Mexico: Mc Graw Hill.
- GALGANO, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*.
- GOMEZ, F., Barrido, F., & TEJE, M. (s.f.). *Seis Sigma*. F.C.
- GUTIERREZ, P. H., & SALAZAR, R. (s.f.). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: Mc Graw Hill.
- HARRY, M. (2000). *The vision of Six Sigma, case studies and applications*. Sigma Publishing Company.
- HITOSHI, K. (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá: Norma.
- JAMES, R. E., & Lindsay, . M. (2008). *Administración y control de calidad*. México: Cengage Learnig.
- JURAN, J. (2006). *Adminsitración de la calidad*. Madrid: Dias de santos S.A.
- Juran, J. M. (1980). *Upper Management and Quality*. New York.
- Juran, J. M. (1990). *Planificación para la calidad*. Madrid: Díaz de santos.
- JURAN, J. M. (1993). *Manual de control de la calidad*. España: Mc Graw-Hill.

- JURAN, J. M. (1996). *Gestion de la calidad*. Madrid(España): Dias de santos S.A.
- KRAJEWSKI, J. (2000). *Administración de operaciones*. 4th Edition.
- KUME, H. (2002). *Herramientas estadísticas*. Norma.
- KUME, H., & Vasco, . (1992). *Herramientas Estadísticas para el mejoramiento de la calidad*. Barcelona: Norma.
- Martínez, J. M. (2003). *Metodología avanzadas para la planificación y mejora*. Díaz de santos.
- MARTÍNEZ, J. M. (2007). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejora*. España: Díaz de santos.
- MAYA, H., RODRIGUEZ, J., ROJAS, J., & ZAZUETA, G. (1996). *Estrategia de manufactura aplicando Seis Sigma*. Océánica.
- MONTGOMERY, & Runge. (2002). *Probabilidad y Estadística*. Mexico.
- MONTGOMERY, & Runge. (s.f.). *Probabilidad y Estadística*.
- PLOTKIN, H. (2003). *Six Sigma. Qué es y cómo utilizarlo*. Herald: Harvard Business Review /Management.
- PORTER, M. E. (1990). *The competitive Advantage of Nations*. Washington D.C.
- REY, F. (2005). *5´s Orden y Limpieza en el puesto de trabajo*. España: FC.
- Ronald H. Lester, . L. (2004). *Control de calidad*. Marcobombo.
- Slater, R., & Welch, J. (2005). *Academia de Six Sigma*. USA: Panaorama.
- SONS, W. J. (2003). *Six Sigma for Everyone*. USA: Eckes G.
- WHEAT, B., Chucks, M., & Carnell, M. (2003). *Seis sigma para todos*. Bogotá: Norma.

ANEXOS

ANEXO 1

GUIA DE LA ENTREVISTA

Este cuestionario es una fuente de información que proporcionó datos para poder llevar a cabo la realización del banco de preguntas a aplicarse a los clientes tanto internos como externos de la mecánica.

1.- ¿Qué está haciendo usted como propietario de mecánica “GONZA” para satisfacer a sus clientes y brindarles un producto y servicio de calidad?

R: Al momento se está mejorando con algunos equipos y herramientas

2.- ¿La organización cuenta con programa de calidad en el servicio al cliente?

R: En la actualidad no cuento con ningún programa.

3.- ¿El personal en esta mecánica cuenta con capacitación de los procesos y del servicio al cliente.

R: Los trabajadores no han tenido capacitación suficiente.

4.- ¿Se ha transmitido a todos los empleados de que la calidad en el producto y el servicio es responsabilidad de todos en la mecánica?

R: Siempre se les está diciendo que la responsabilidad es de todos.

5.- ¿Qué se está haciendo por conservar a los clientes actuales y atraer nuevos?

R: Se está creando nuevos productos con materiales garantizados.

6.- ¿La calidad y el precio de los productos son competitivos permitiendo captar y mantener a los clientes?

R: Los nuevos productos están elaborados con materiales garantizados, pero con precios competitivos.

7.- ¿Realiza un seguimiento de los problemas de los clientes en cuanto al servicio?

R: No se han dado ningún seguimiento a los clientes, pero con la implementación del proyecto se piensa en poner un buzón de sugerencias.

8.- ¿La tecnología utilizada en la mecánica es la adecuada para atender oportunamente las necesidades de sus clientes?

R: Por el momento no es la adecuada, pero el objetivo de la mecánica en un futuro es contar con equipos y maquinaria de última tecnología.

ANEXO 2

ENCUESTA A CLIENTES EXTERNOS PARA MEJORAR LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE LA MICROEMPRESA "GONZA" MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC.

1.-Considera usted que la calidad en el desempeño del servicio, de equipos y personal que ofrece la mecánica es:

Excelente

Muy bueno

Bueno

Regular

2.- ¿Qué aspecto intervino en usted para preferir a la mecánica "GONZA" del resto de mecánicas de la ciudad?

La confianza

El horario de atención

Calidad del producto

Precio

3.- ¿Considera que la mecánica recoge de manera adecuada sus quejas y sugerencias?

Óptimo

Regular

Deficiente

4.-¿En cuál de las siguientes áreas de producción cree usted que la mecánica le brinda calidad?

Torneado

Fresado

Cepillado

Soldadura

5. Señale que aspectos le incomodan de la mecánica.

Atención no personalizada

Falta de amabilidad

Lentitud en la atención

6. ¿En cuál de los siguientes aspectos cree usted que se debería mejorar?

Cumplimiento en los tiempos de entrega

Tecnología en equipos de medición

Seguridad industrial

Atención al cliente

ANEXO 3

ENCUESTA A CLIENTES INTERNOS PARA MEJORAR LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE LA MICROEMPRESA "GONZA" MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DMAIC.

1.- Cuál es su nivel de educación?

Primaria

Ciclo Básico

Secundaria

Superior

2.- ¿Defina su grado de satisfacción en el área en que usted se desempeña?

Áreas de producción	Insatisfecho	Medianamente satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
Soldadura				
Fresado				
Torneado				
Cepillado				

3.- ¿El responsable del área soluciona los problemas de una manera eficaz?

Muy eficaz

Eficaz

Deficiente

4.- ¿Las condiciones ambientales del área de trabajo facilitan las actividades diarias?

Óptimas

Regulares

Deficientes

5.- ¿La comunicación interna dentro de su área funciona correctamente?

Muy buena

Buena

Regular

6.- ¿Recibe la información necesaria de su trabajo para poder realizarlo con éxito?

SI... NO....

7.- ¿Tiene una adecuada coordinación con las áreas de trabajo?

Optima

Regular

Deficiente

8.- ¿Recibe la capacitación necesaria para desempeñar correctamente su trabajo?

SI... NO.....

9.- ¿Le hacen un reconocimiento especial cuando realiza una mejora en su trabajo?

Siempre

Alguna vez

Nunca

10.- ¿Se siente parte del equipo de trabajo?

ANEXO 4

Hoja de registro de datos

REGISTRO DE DATOS		
Producto		
Área		
Fecha inicio		
Fecha final		
Responsable del trabajo		
Responsable de Inspección		
No_ de Lote		
No_ total inspeccionado		
Observaciones		
Características del producto		
Rotura		
Fallo resistencia		
Fuera de especificaciones		
Producto aceptable		
Total inspeccionados		
	Total defectuosos	
	Total fuera de especificaciones	
	Total producto aceptable	
	Total inspeccionado	

ANEXO 5

MÉTODO DEL SISTEMA WESTINGHOUSE (Calificación de Velocidad)

CUADRO 1. DESTREZA O HABILIDAD		
0,15	A1	EXTREMA
0,13	A2	EXTREMA
0,11	B1	EXCELENTE
0,08	B2	EXCELENTE
0,06	C1	BUENA
0,03	C2	BUENA
0	D	REGULAR
-0,05	E1	ACEPTABLE
-0,1	E2	ACEPTABLE
-0,16	F1	DEFICIENTE
-0,22	F2	DEFICIENTE

CUADRO 2. ESFUERZO O DESEMPEÑO		
0,13	A1	EXCESIVO
0,12	A2	EXCESIVO
0,1	B1	EXCELENTE
0,08	B2	EXCELENTE
0,05	C1	BUENO
0,02	C2	BUENO
0	D	REGULAR
-0,4	E1	ACEPTABLE
-0,8	E2	ACEPTABLE
-0,12	F1	DEFICIENTE
-0,17	F2	DEFICIENTE

CUADRO 3. CONDICIONES		
0,06	A	IDEALES
0,04	B	EXCELENTES
0,02	C	BUENAS
0	D	REGULARES
-0,03	E	ACEPTABLES
-0,07	F	DEFICIENTES

CUADRO 4. CONSISTENCIA		
0,04	A	PERFECTA
0,03	B	EXCELENTE
0,01	C	BUENA
0	D	REGULAR
-0,02	E	ACEPTABLE
-0,04	F	DEFICIENTE

ANEXO 6

MÉTODO SISTEMÁTICO (para asignar las tolerancias)

CONCESIONES POR FATIGA		MINUTOS CONCEDIDOS=		<u>CONCESIÓN % x JORNADA EFECTIVA</u>			
				1 x CONCESIÓN %			
CLASE	LIMITES DE CLASE		CONCESIÓN % POR FATIGA	510	480	450	420
	INFERIOR	SUPERIOR		MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA			
A1	0	156	1	5	5	4	4
A2	157	163	2	10	10	9	8
A3	164	170	3	15	14	13	12
A4	171	177	4	20	18	17	16
A5	178	184	5	24	23	21	20
B1	185	191	6	29	27	25	24
B2	192	198	7	33	31	29	27
B3	199	205	8	38	36	33	31
B4	206	212	9	42	40	37	35
B5	213	219	10	46	44	41	38
C1	220	226	11	51	48	45	42
C2	227	233	12	55	51	48	45
C3	234	240	13	59	55	52	48
C4	241	247	14	63	59	55	51
C5	248	254	15	67	63	59	55
D1	255	261	16	70	66	62	58
D2	262	268	17	74	70	65	61
D3	269	275	18	78	73	69	64
D4	276	282	19	81	77	72	67
D5	283	289	20	85	80	75	70

E1	290	296	21	89	83	78	73
E2	297	303	22	92	86	81	76
E3	304	310	23	95	90	84	79
E4	311	317	24	99	93	87	81
E5	318	324	25	102	96	90	84
F1	325	331	26	105	99	93	87
F2	332	338	27	108	102	96	89
F3	339	345	28	112	105	98	92
F4	346	349	29	115	108	101	94
F5	350	Y MAS	30	118	111	104	97

ANEXO 7

HOJA DE CONCESIONES (puntos por grado de factores)

FACTORES DE FATIGA	1er.	2er.	3er.	4to.
Condiciones de trabajo:				
Temperatura	5	10	x 15	40
Condiciones Ambientales	5	10	x 20	30
Humedad	5	10	15	20
Nivel de ruido	5	x 10	20	30
Luz	5	10	15	x 20
Repetitividad:				
Duración de Trabajo	20	40	60	x 80
Repetición del ciclo	20	40	x 60	80
Demanda Física	20	x 40	60	80
Demanda mental o visual	10	20	x 30	50
Posición:				
De pie, moviéndose	10	20	x 30	40
Total Puntos				
200				
MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA =	(concesión % * jornada efectiva) / (1 + concesión %)=			35,56 minutos
Otras concesiones(min)				
Tiempo personal	10			
Demoras inevitables				
Total concesiones	45,56			

FOTOS

SITUACIÓN INICIAL



Imágenes de la fachada de la mecánica "GONZA".

Oficina



Falta de orden de documentación administrativa.

Área de producción.



Lugar de trabajo, donde se aprecian un sistema de trabajo deficiente, falta de clasificación en la materia prima, desorden en las herramientas y personal sin equipo de protección.

Encuesta



La voz del cliente interno y externo

FOTOS DE SITUACIÓN FINAL



Las fotografías de la mecánica luego de la implementación, demuestran el cambio de imagen desde la entrada, con una publicidad completamente visible para los clientes, una organización de la documentación en la oficina para un mejor diseño y planificación de los procesos.

Área de torno



Área de fresado y cepillado



Mediciones con calibrador digital.



Ambiente de trabajo



Los trabajadores se encuentran más motivados, tiene el equipo de seguridad necesario para la prevención de riesgos, además cuenta con el calibrador digital para tener medidas más exactas y de esta manera reducir los defectos en los procesos. El local muestra un ambiente más seguro, ordenado y limpio, para realizar un trabajo más productivo.