

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ**  
**INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA**



**TITULO DEL INFORME TÉCNICO:**

**INCREMENTO DE LA EFECTIVIDAD EN EL PROCESO DE SUBENSAMBLE DE LA  
RESISTENCIA ACUSTICA: USO DEL FORMATO A3**

**REPORTE FINAL**

**Área: Ciencias de la Ingeniería**

**LGAC: Mejoramiento Continuo**

**Autores del Informe Técnico:**

**Mtro. Adrian Ernesto Delgado García**

**Dr. Roberto Romero López**

**Mtra. Patricia C. Parroquín Amaya**

**Dr. Erwin A. Martínez Gómez**

**Coordinación de Investigación y Posgrado del Instituto de Ingeniería y Tecnología**

**CD. JUÁREZ, CHIH.**

**DICIEMBRE DE 2018**

## Resumen del informe técnico

En 1984 la empresa Shure comienza la construcción de micrófonos en Ciudad Juárez y, en 1990, trasladó sus operaciones a su edificio actual, ubicado en la calle Guillermo Griffin. En esta empresa se manufactura el legendario Micrófono Vocal SM58®, así como las líneas MICROFLEX, BETA y ULX, el icónico 55SH y muchos más

Uno de los productos, el micrófono 577b, es un micrófono que tiene como principal aplicación las funciones de voceo y comunicación, es un micrófono que tiene una rejilla metálica y una carcasa de plástico de alto impacto en 2 tonos de gris, así como un peso aproximado de 332 gramos, durante el proceso de fabricación del micrófono existen operaciones críticas y pruebas para asegurar la calidad del producto, una de las operaciones críticas es la del ensamble de resistencia acústica, este es un subensamble al que se le realiza una prueba una vez que se ha realizado, el resultado de esta prueba tiene una especificación para que sea aceptado y se mide en un manómetro, el valor de resistencia debe ser de 41 a 67 Ohms para que se pueda aceptar.

La prueba que se realiza después de la operación de sub ensambles, tiene la finalidad evaluar la resistencia acústica del producto a nivel de sub-ensamble, esta es considerada una operación crítica dentro del proceso. Sin embargo se ha observado un alto número de unidades rechazadas en esta prueba debido a problemas de resistencia alta, a consecuencia de esta falla, por lo que la pieza tiene que ser retrabajada cambiando la resistencia y ensamblando de nuevo la parte hasta encontrar una que cumpla con los valores establecidos en el dibujo de ensamble, esto genera retraso en la producción ya que cada pieza que se retrabaja tiene que dejarse secar por 30 minutos para volverse a probar, asimismo, la parte que se retira, se tiene que desechar y es considerada como scrap. Además del porcentaje de scrap, también se está incumpliendo con la demanda de producción solicitada, por lo que en este proyecto se plantea disminuir el porcentaje de scrap para la resistencia 66B1068, debido al material que se encuentra fuera de especificación en la operación de prueba acústica, para aumentar la efectividad de producción del sub-ensamble usado en el modelo 577b.

# INDICE

<b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Descripción del Problema.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1 Objetivo General.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Hipótesis.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Justificación.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 Alcances y limitaciones .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 2. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Mejora continua Kaizen .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1. Metodología del Kaizen .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Lean Manufacturing.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Informe Lean A3, Herramienta de mejora.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Materiales .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Metodología .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>47</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Micrófono Shure 577b.....	5
Figura 1.2 a Proceso de fabricación de micrófono 577b.....	5
Figura 1.2 b Proceso de fabricación de micrófono 577b .....	6
Figura 1.2 c Proceso de fabricación de micrófono 577b.....	6
Figura 1.3 Porcentaje de scrap en sub-ensamble de resistencia.....	7
Figura 1.4 Efectividad de la prueba de resistencia.....	7
Figura 3.1 Proceso para reporte A3 .....	21
Figura 3.3 Ejemplo diagrama SIPOC .....	23
Figura 3.2 Ejemplo diagrama causa y efecto .....	23
Figura 3.3 Gráfico de Gantt .....	24
Figura 3.4 Ejemplo resultados en reporte A3 .....	25
Figura 4.2 Porcentaje de scrap en sub-ensamble de resistencia.....	27
Figura 4.3 Efectividad de la prueba de resistencia.....	28
Figura 4.4 Diagrama de causa y efecto .....	28
Figura 4.5 Criterio de aceptación para resistencia .....	31
Figura 4.6 Proceso de horneado de tela .....	32
Figura 4.7 Datos de corte .....	33
Figura 4.8 Proceso de ajuste y prueba de resistencia.....	34
Figura 4.9 Plan de inspección de la parte 65B1068.....	35
Figura 4.10 Resistencia 65B1068 .....	36
Figura 4.11 Limpieza de sub-ensamble .....	37
Figura 4.12 Prensado de resistencia en frame.....	37
Figura 4.13 Aplicación de adhesivo.....	38
Figura 4.16 Fixtura de prueba para material 65B1068 .....	40
Figura 4.19 Resultados de sorteo de material .....	41
Figura 4.21 Resultado de prueba estadística.....	44
Figura 4.22 Resultados en formato A3 .....	45

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.2 Ponderación de expertos para causas.....	22
Tabla 4.1 Integrantes del equipo .....	26
Tabla 4.5 Ponderación de causa raíz.....	29
Tabla 4.4 Medidas de contención y acciones .....	30
Tabla 4.14 Acciones de contención y corrección .....	39
Tabla 4.15 Resultados de resistencia para material 65B1068 .....	40
Tabla 4.17 Resultados de resistencia en sub-ensamble .....	40
Tabla 4.18 Diferencia en valores de resistencia.....	41
Tabla 4.20 Comparativo de efectividad y scrap .....	43

# **CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.**

## **1.1 Introducción**

### **1.1.1 Historia de Shure Incorporated**

Shure fue fundada en 1925 por Sidney N. Shure como “The Shure Radio Company”, el joven empresario de 23 años contaba con 12 años de experiencia en la construcción y funcionamiento de radios para aficionados, además de haber obtenido el título de Bachelor of Science en Geografía en la universidad de Chicago.

La empresa comienza como un negocio de un solo hombre, vendiendo partes para radios y artículos electrónicos para comerciantes y fabricantes de radios. La oficina se encuentra en la calle South Wells, número 19, en el distrito comercial y financiero de Chicago. El año siguiente se publica su catálogo, uno de los únicos seis catálogos de piezas para radios en los Estados Unidos. Presenta más de 1000 piezas.

En 1928 organiza el primer departamento, el departamento de servicio, para reparar aparatos de audio venidos por la compañía. El catálogo se expande hasta incluir mercadería general como por ejemplo artículos deportivos, equipos de campamento y artículos de tamaño pequeño para el hogar.

Sidney N. Shure invita a su hermano menor, Samuel J. Shure a unirse a la empresa. Shure radio Companys pasa a ser Shure Brothers Company.

Shure crece hasta llegar a tener 75 empleados en los departamentos de ventas, servicio y embarque. La empresa se muda a instalaciones más amplias en la calle West Madison número 335, a pocas cuadras de distancia de la oficina anterior.

En 1929, con el advenimiento de la Gran Depresión y la mayor disponibilidad de radios construidas en fábrica, Shure Brothers Company se vio obligada a reducir considerablemente su personal y se convirtió en el distribuidor exclusivo de un pequeño fabricante de micrófonos.

En 1930 debido a la continua caída en el negocio de partes para radio, Samuel J. Shure deja la compañía, en 1931 Shure comienza a desarrollar su propio micrófono, bajo el liderazgo del joven

ingeniero Ralph Glover, en 1932 se fabrica su primer producto, el micrófono de carbón de dos botones.

El primer micrófono de condensador, el micrófono de cristal y el sistema de suspensión de micrófono de Shure (para el cual recibieron su primera patente) se presentaron todos en la misma década. En 1939, Shure presentó el micrófono modelo Unidyne modelo 55, que se convirtió en uno de los micrófonos más reconocidos del mundo.

En 1941, Shure fue contratado por las fuerzas armadas de los Estados Unidos para suministrar micrófonos durante la Segunda Guerra Mundial, y al año siguiente, el T-17B fue el micrófono más utilizado por el ejército y la marina de los Estados Unidos.

Shure también fabricó micrófonos con máscara de oxígeno, auriculares y garganta, y adoptó el estándar militar de los Estados Unidos para todos los micrófonos Shure. A mediados de la década de 1940, Shure también fabricaba y suministraba cartuchos fonográficos a los principales fabricantes de fonógrafos, incluidos Philco, RCA, Emerson, Magnavox, Admiral y Motorola, y era el mayor productor de cartuchos de fonógrafo en los Estados Unidos en ese momento.

Entre las innovaciones de Shure en el diseño de cartuchos de fonógrafo se encuentran el principio de "inclinación de la aguja" de Ralph Glover y Ben Bauer para minimizar el desgaste de los discos al tiempo que mejora la reproducción de sonido y el concepto de ingeniería de "seguimiento" de Jim Kogen. Shure produjo el primer cartucho de fonógrafo capaz de reproducir tanto discos de larga duración como 78 rpm, el primer cartucho con una fuerza de seguimiento de solo un gramo y el primer cartucho que cumple con los requisitos de grabación estéreo.

En la cima de la producción de cartuchos de fonógrafo de Shure, la compañía producía aproximadamente 28,000 cartuchos por día, de los cuales 25,000 provenían de una planta de cartucho de fonógrafo Shure en Phoenix, Arizona. Después de que la introducción de los discos compactos en la década de 1980 redujo la demanda de cartuchos de fonógrafo, Shure cerró las instalaciones de Phoenix pero continuó fabricando cartuchos de fonógrafo, y continúa fabricándolos en la actualidad.

Shure también desarrolló y produjo productos para aplicaciones médicas. En 1937, su estetoscopio piezoeléctrico 66A fue diseñado para reproducir con precisión los sonidos del pecho,

y en la década de 1960, se produjeron las pastillas de estetoscopio SP-5, SP-5S y SP-6. Shure también produjo cartuchos auditivos utilizados en productos de audífonos de fabricantes como Maico, Telex, Dictograph, Otarian, Vocalite y Trimm.

En 1956, Shure trasladó su sede corporativa a Hartrey Avenue en Evanston, Illinois, donde permaneció durante 47 años. A partir de 1956, Shure fabricó cabezas de grabación de cinta magnética y, dos años después, la compañía anunció que estaba lista para producir en serie cabezas de grabación de 4 canales. En 1964, sin embargo, Shure anunció que ya no produciría cabezas de grabación debido a una mayor competencia.

En 1953, Shure presentó su primer sistema de micrófonos inalámbricos para artistas intérpretes o ejecutantes, y en 1959, presentaron el micrófono Unidyne III, que fue el predecesor del SM57, que se introduciría, junto con el SM58, seis años más tarde.

Shure también produjo equipos portátiles para la grabación de campo de transmisión como Vocal Master, el mezclador portátil M67 y el mezclador portátil FP31. En 1990, Shure ingresó al mercado de micrófonos inalámbricos con la serie L. En 1981, James Kogen, Vicepresidente Ejecutivo de Operaciones, fue ascendido a Presidente y Gerente General de Shure. En 1995, Sidney N. Shure murió a la edad de 93 años, y Rose L. Shure fue elegida Presidenta de la Junta de Directores.

En 1996, James Kogen se retiró; Santo (Sandy) LaMantia, Vicepresidente de Ingeniería, fue nombrado Presidente y CEO. Shure Brothers Incorporated fue oficialmente renombrada como Shure Incorporated en 1999. En 2001, Shure adquirió la marca Popper Stopper de filtros pop de estudio de Middle Atlantic Products Inc. En 2002, Shure adoptó la conservación de la audición como la causa corporativa de la compañía, y estableció el programa Shure Bid for Hearing.

En 2003, Shure se trasladó a la nueva sede en Niles, Illinois, en un edificio diseñado por el arquitecto Helmut Jahn que originalmente era la sede de HA • LO Industries. El anexo tecnológico de 65,000 pies cuadrados (6,000 m<sup>2</sup>) diseñado por Krueck y Sexton Architects, inaugurado en 2005, alberga el Centro de rendimiento de Shure. En 2008, Shure celebró la apertura de The S.N. Teatro Shure y pantalla interactiva en su sede corporativa. En 2016, Sandy LaMantia anunció su

retiro y Christine Schyvinck, Vicepresidenta de Operaciones Globales, Marketing y Ventas y Directora de Operaciones, fue ascendida a Presidenta y Directora Ejecutiva.

### **1.1.2 Shure Incorporated en Ciudad Juárez**

En 1984 Shure comienza la construcción de micrófonos en Ciudad Juárez, El Sr. Shure personalmente seleccionó a ciudad de Juárez como la ubicación de sus instalaciones de fabricación en México. Comenzó la producción en esta planta el 1 de octubre de 1984, con solo diez operadores en un edificio alquilado.

Shure trasladó sus operaciones a su edificio actual, ubicado en la calle Guillermo Griffin, en 1990. En 2004, el espacio de la planta se amplió en 15,000 pies cuadrados y en 21,000 pies cuadrados en 2006. Hoy, todavía hay cinco Asociados trabajando en las instalaciones de Juárez que estaban con Shure. cuando la planta se abrió en 1984.

El legendario Micrófono Vocal SM58® se fabrica en Juárez, así como las líneas MICROFLEX, BETA y ULX, el icónico 55SH y muchos más. Además, los cartuchos phono se siguen fabricando en esta planta.

Hasta el día de hoy el micrófono Shure SM58 es el favorito de los músicos de Rock and Roll ya que ofrece la combinación correcta de confiabilidad, resistencia y excelente calidad de sonido; rápidamente se convierte en el estándar para voces de actuación en vivo. El SM58 sigue siendo el micrófono vocal más popular en el mundo, la planta de Ciudad Juárez produce más de 2000 micrófonos SM58 al día.

### **1.1.3 Descripción del producto**

El micrófono 577b que se presenta en la figura 1.1, es un micrófono que tiene como principal aplicación las funciones de voceo y comunicación, es un micrófono que tiene una rejilla metálica y una carcasa de plástico de alto impacto en 2 tonos de gris, así como un peso aproximado de 332 gramos, durante el proceso de fabricación del micrófono existen operaciones críticas y pruebas

para asegurar la calidad del producto, una de las operaciones críticas es la del ensamble de resistencia acústica, este es un subensamble al que se le realiza una prueba una vez que se ha realizado, el resultado de esta prueba tiene una especificación para que sea aceptado y se mide en un manómetro, el valor de resistencia debe ser de 41 a 67 Ohms para que se pueda aceptar, a continuación se describe el proceso de fabricación del micrófono.



Figura 1.1 Micrófono Shure 577b

### 1.1.3.1 Proceso de fabricación del micrófono 577B

El proceso de fabricación cuenta con 14 operaciones de ensamble, así como 6 estaciones de prueba que se describen a continuación:

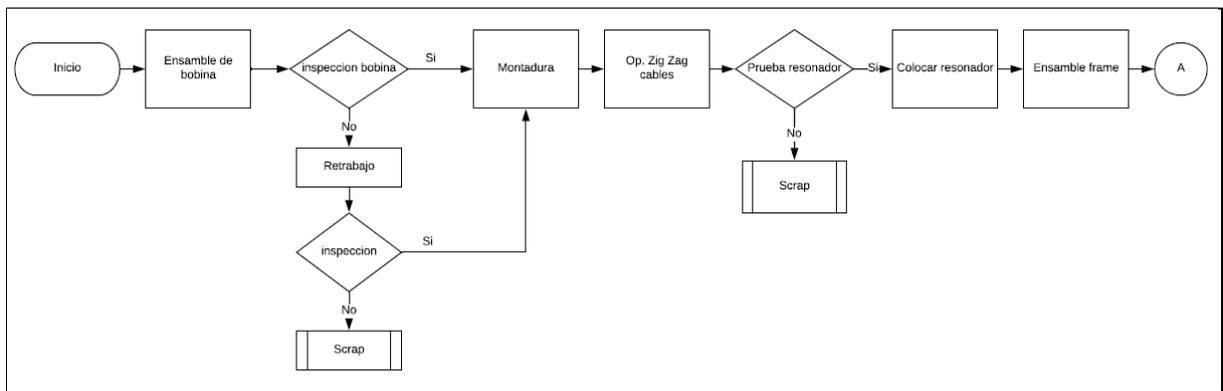


Figura 1.2 a Proceso de fabricación de micrófono 577b

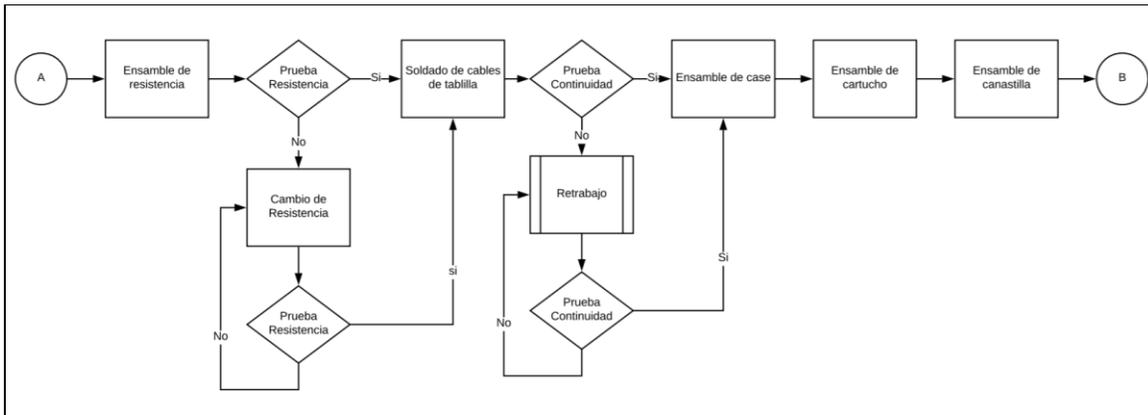


Figura 1.2 b Proceso de fabricación de micrófono 577b

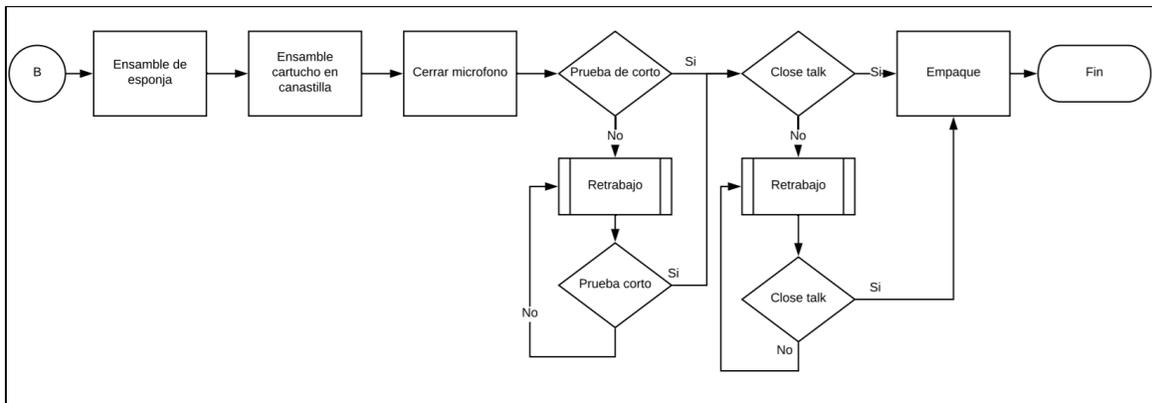


Figura 1.2 c Proceso de fabricación de micrófono 577b

## 1.2 Descripción del Problema

La prueba que se realiza después de la operación de sub ensambles, tiene la finalidad evaluar la resistencia acústica del producto a nivel de sub-ensamble, esta es considerada una operación crítica dentro del proceso. Durante los últimos 3 meses se ha observado un alto número de unidades rechazadas en esta prueba debido a problemas de resistencia alta, a consecuencia de esta falla, la pieza tiene que ser retrabajada cambiando la resistencia y ensamblando de nuevo la parte hasta encontrar una que cumpla con los valores establecidos en el dibujo de ensamble, esto genera retraso en la producción ya que cada pieza que se retrabaja tiene que dejarse secar por 30 minutos para volverse a probar, asimismo, la parte que se retira, se tiene que desechar y es considerada scrap.

En la gráfica siguiente se muestra la tendencia del porcentaje de scrap del día 1 de Junio al día 16 de Octubre de 2018.

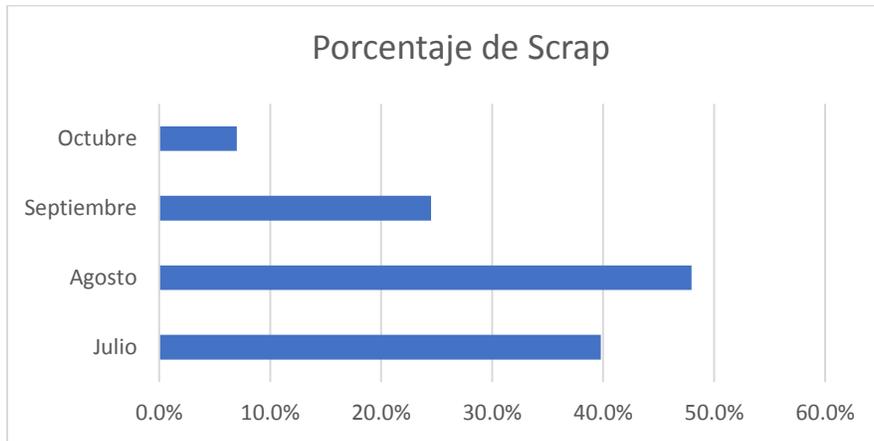


Figura 1.3 Porcentaje de scrap en sub-ensamble de resistencia

Además del porcentaje de scrap, también se está incumpliendo con la demanda de producción solicitada, la próxima gráfica nos muestra la cantidad de producto que se planeó para producir así como la cantidad total producida y el número de resistencias que se desperdiciaron y se convirtieron en scrap, del día 1 de Junio al día 16 de Octubre de 2018.

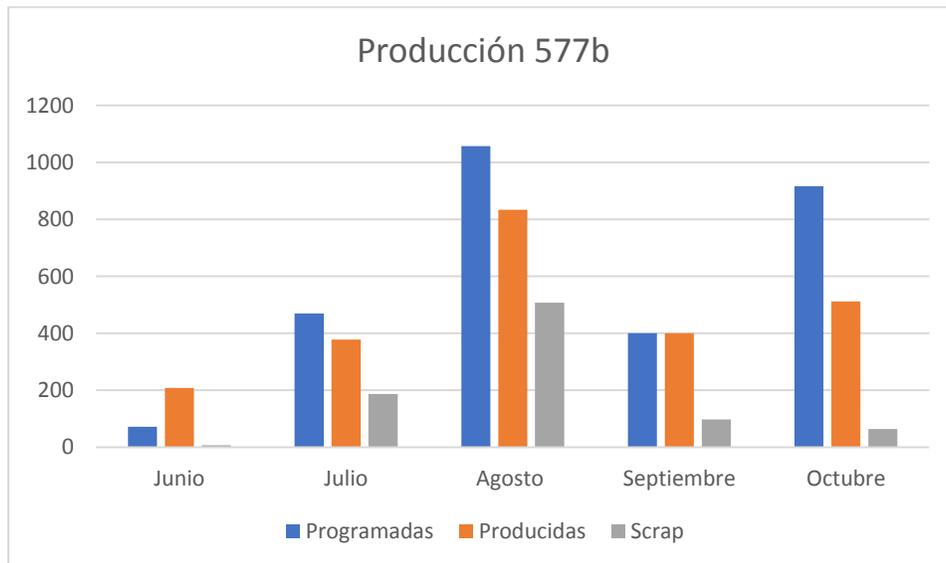


Figura 1.4 Efectividad de la prueba de resistencia

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

El objetivo es disminuir el porcentaje de scrap para la resistencia 66B1068, debido al material que se encuentra fuera de especificación en la operación de prueba acústica, para aumentar la efectividad de producción del sub-ensamble usado en el modelo 577b.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar la metodología de mejora continua en el proceso de fabricación del micrófono 577b.
- Crear un equipo de trabajo multidisciplinario para encontrar las causa que están afectando la efectividad en este modelo.
- Generar un reporte A3 para determinar y clarificar las causas del problema.
- Recolectar datos referentes al proceso de fabricación del modelo 577b que nos ayuden a determinar las acciones que se tomaran para eliminar el desperdicio relacionado al rechazo de resistencias altas.
- Monitorear los resultados obtenidos.

## **1.4 Hipótesis**

La aplicación de la herramienta de mejora continua eliminará el desperdicio de la resistencia en el área de producción del micrófono 577b, con lo que se cumplirá la meta de efectividad de producción.

## **1.5 Justificación**

El retrabajo del subensamble de resistencia retrasa y no permite terminar la producción del modelo 577b, genera desperdicio de resistencias y tiempo. Se desea eliminar el desperdicio en esta estación para poder alcanzar la meta de producción en el tiempo establecido y con los estándares de calidad determinados.

## **1.6 Alcances y limitaciones**

Alcances:

En lo que se refiere a los alcances del presente estudio, este se realizara en la planta de manufactura de la empresa Shure electrónica de Ciudad Juárez, para el modelo 577b que se produce en la unidad de negocio número 1.

Limitaciones:

En lo que se refiere las limitaciones del proyecto, estas se describen a continuación:

- Disponibilidad del área de producción
- Tiempo de operación de la línea de producción
- Disponibilidad de materiales para producción
- Disponibilidad del equipo de prueba
- Confidencialidad de la información (Dibujos mecánicos de partes)

## **CAPÍTULO 2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Mejora continua Kaizen**

A partir de la consolidación de la economía japonesa, muchos han sido los interrogantes que se han planteado respecto a los modelos y prácticas utilizadas en el resurgir después de la devastación causada por la Segunda Guerra Mundial. La necesidad de edificar desde el principio las bases financieras y productivas de Japón, implicó una integración entre altos, medios y bajos perfiles, es decir, todos con igual compromiso de afrontar los nuevos retos, desafíos que se presentaban día tras día.

Kaizen surgió entonces como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tejido económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses, razón por la cual autores como Masaaki Imai, consideran al Kaizen como la clave de la ventaja competitiva japonesa.

Que es el Kaizen?

El término Kaizen es de origen japonés, y significa "cambio para mejorar", lo cual con el tiempo se ha aceptado como "Proceso de Mejora Continua". La traducción literal del término es:

KAI: Modificaciones

ZEN: Para mejorar

El principio en el que se sustenta el método Kaizen, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes.

La implementación de pequeñas mejoras, por más simples que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, crean una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.

La experiencia de implementación de la filosofía Kaizen en occidente nos permite concluir que las principales restricciones para su introducción son de carácter cultural, tanto en el caso de las convicciones personales de los trabajadores, como en la estructura organizacional de las compañías de occidente. Una compañía que quiera desarrollar una metodología Kaizen deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Alto compromiso de la dirección de la empresa (Creación de escenarios de participación)
- Alta receptividad y perspectiva respecto a nuevos puntos de vista y aportes
- Alta disposición de implementar cambios
- Actitud receptiva hacia errores identificados durante el proceso
- Alta valoración del recurso humano
- Disposición de elaboración de estándares (garantía para no depreciar las mejoras)

Cuando se utiliza Kaizen?

En la práctica la metodología Kaizen, y la aplicación de sus eventos de mejora se lleva a cabo cuando:

- Se pretende redistribuir las áreas de la empresa.
- Se requiere optimizar el tiempo de alistamiento de un equipo o un proceso.
- Se requiere mejorar un atributo de calidad.
- Se pretende optimizar el ciclo total de pedido.
- Se requieren disminuir los desperdicios.
- Se requieren disminuir los gastos operacionales.
- Se requiere mejorar el orden y la limpieza.

Los anteriores son tan solo algunos ejemplos de los casos en los cuales aplica la ejecución de un evento Kaizen.

### Principios fundamentales de Kaizen

Para la implementación de una filosofía kaizen o un Proceso de Mejora Continua, deben aplicarse como mínimo cuatro principios fundamentales, estos son:

1. Optimización de los recursos actuales: La tendencia de las organizaciones que pretenden alcanzar una mejora es a dotarse de nuevos recursos. Para implementar Kaizen el primer paso consiste en un análisis profundo del grado de utilización de los recursos actuales, del mismo modo que se buscan alternativas para mejorar el uso y el funcionamiento de estos.
2. Rapidez para la implementación de soluciones: Sí las soluciones a los problemas que se han identificado se fijan a plazos largos de ejecución, no estamos practicando Kaizen. Un principio básico del Kaizen es la de minimizar los procesos burocráticos de análisis y autorización de soluciones; en caso de que los problemas sean de sustantiva complejidad, Kaizen propone desgranar el problema en pequeños hitos de sencilla solución.
3. Criterio de bajo o nulo costo: El Kaizen es una filosofía de mínima inversión que complementa la innovación, de ninguna manera estimula que un parámetro de gestión se mejore mediante el uso intensivo de capital dejando de lado la mejora continua. Las alternativas de inversión que propone se centran en la creación de mecanismos de participación y estímulo del personal.
4. Participación activa del operario en todas las etapas: Es fundamental que el operario se vincule de forma activa en todas las etapas de las mejoras, incluyendo la planificación, el análisis, la ejecución y el seguimiento. El primer mito que desestima el Kaizen es aquel de que "Al operario no se le paga para pensar". Esta filosofía que parece apenas solidaria e incluyente tiene aún más fundamentos, y se sustenta en que es el operario el mejor sabedor de los problemas atinentes a la operación con la que convive.

### **2.1.1. Metodología del Kaizen**

Antes de abordar la metodología Kaizen, la organización ya ha tenido que haber definido su firme intención, por parte de la dirección, para el desarrollo de actividades de mejora continua. Una vez se ha superado esta etapa, la siguiente consiste en un diseño instruccional para inculcar el espíritu Kaizen al personal desde la formación. Una vez esto se vaya desarrollando y ya teniendo un líder responsable de la filosofía dentro de la compañía, se procede con la herramienta de reconocimiento de problemas, que siempre es un buen punto de origen para implementar un proceso de mejora continua.

Para tal fin existen herramientas como el ciclo de Deming o PDCA, o herramientas como MOVE WorkShop. Explicaremos en este caso el ciclo sistemático de Deming.

#### **1. Planificar (Plan)**

Esta etapa es de selección del objeto de mejora, en ella se explican las razones de dicha elección y se definen unos objetivos claros que se deben alcanzar.

- Situación actual
- Análisis de información (Datos del objeto)
- Objetivo

#### **2. Hacer (Do)**

Esta etapa corresponde al trabajo de campo de la mejora, consiste en propuestas de solución y rápida implementación de las mejoras de mayor prioridad. Los pasos que se incluyen en el hacer son:

- Propuestas de solución
- Just Do It

### 3. Verificar (Check)

En esta etapa se debe comprobar el objetivo planteado en el plan respecto a la situación inicial que se identificó. Por ende comprobamos que se estén alcanzando los resultados o en caso contrario volveremos al Hacer. Este paso incluye:

- Monitorización
- Verificación

### 4. Actuar (Action)

Esta es una etapa fundamental en la mejora continua, dado que asegurarnos de que las mejoras no se deprecien depende del estándar u oficialización de las medidas correctivas. Para proceder a la estandarización debemos haber comprobado que las medidas han alcanzado los resultados esperados, además, debemos plantearnos siempre la posibilidad de seguir mejorando el objeto de análisis.

- Estandarización
- Búsqueda de la optimización

## **2.2 Lean Manufacturing**

Son muchos los nombres por medio de los cuales se le conoce a esta metodología: Just in time, manufactura esbelta, manufactura ágil, manufactura de clase mundial, sistema de producción Toyota y otros más. Los resultados obtenidos a través de sus prácticas la convierten en una de las filosofías de producción más exitosas y revolucionarias de la historia.

¿Qué es Lean Manufacturing?

Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. La principal filosofía en la que se sustenta el Lean Manufacturing radica en la premisa de que "todo puede

hacerse mejor"; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora.

Como resultado, una organización que aplique Lean Manufacturing debería ajustar su producción a la demanda, en el momento y las cantidades en que sea solicitada, y con un costo mínimo. Según entonces, Lean Manufacturing puede definirse como una filosofía de producción que agrupa un conjunto de técnicas que nos facilitan el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad; de tal forma que Lean Manufacturing permitirá que la organización:

- Minimice sus inventarios
- Minimice sus retrasos
- Minimice su espacio de trabajo
- Minimice sus costos totales
- Minimice su consumo energético
- Mejore su calidad

En términos generales, contribuye a que la organización sea más competitiva, innovadora y eficiente.

¿Quiénes participan de Lean Manufacturing?

La metodología Lean Manufacturing es ejecutada por equipos de trabajo inclusivos, organizados y capacitados. Los integrantes de los equipos de trabajo involucrados en las técnicas Lean, representan a todos los niveles de la organización, en especial demanda de la participación activa de los operarios de trabajo en todas las etapas de la metodología.

Modelo estratégico y Herramientas del Lean Manufacturing

La búsqueda continua de oportunidades de mejora debe formar parte de una estrategia organizacional, y como tal, la filosofía Lean Manufacturing contempla herramientas que pueden

aplicarse tanto a procesos específicos en forma de técnicas sencillas, como al modelo estratégico mediante un sistema de administración ajustado.

Herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a un modelo estratégico:

Principios claves y fases en la implementación de Lean Manufacturing

Las organizaciones que buscan implementar la metodología Lean o algunas de sus herramientas, evidentemente persiguen objetivos relacionados con el mejoramiento del desempeño de sus procesos. En dicha búsqueda, muchas son las organizaciones que han fracasado en la obtención de resultados significativos. Por tal razón, es muy importante considerar que Lean Manufacturing es una filosofía que precisa de compromiso organizacional y que requiere de una adaptación cultural. A través de la experiencia en procesos de implementación de Lean Manufacturing, expertos han considerado que existen tres principios claves para una adecuada ejecución de las actividades Lean:

1. Lean Manufacturing es un proyecto de tipo estratégico: De tal manera que debe estar incluido en el plan estratégico organizacional y relacionado con las prioridades competitivas de la compañía.
2. La estructura organizacional debe adaptarse a la metodología Lean: De tal forma que existan procesos más concurrentes y menor "comunicación sobre la pared", es decir que las estructuras funcionales deben migrar hacia estructuras colaborativas.
3. Lean Manufacturing es un compromiso de todos: La implementación de la estrategia será gradual pero debe integrar a todos los niveles de la organización. El mayor cambio en la compañía debe ser de tipo cultural, el mejoramiento debe convertirse en un hábito de todos.

Básicamente la etapa tradicional en el camino Lean consiste en el diagnóstico de la situación actual de la organización, para con ello diseñar un adecuado plan estratégico y conformar un óptimo equipo de trabajo. La primera etapa de aplicación enfrenta a la organización con los retos que implica una nueva filosofía de trabajo, de tal manera que se adquiere una primera experiencia en la cual se reconocen los errores y la capacidad de la organización para obtener resultados a partir de las técnicas utilizadas. La etapa de cadenas de valor se centra en la estructura de la organización, de tal manera que se implementa un modelo de trabajo concurrente basado en

procesos y no en departamentos, se extiende la aplicación de la fase 1 a las demás áreas, se inicia la logística y la contabilidad Lean, de tal forma que se optimicen los procesos de entrega y se establezcan indicadores de desempeño para la toma de decisiones basada en resultados e información vital.

La etapa final tiene el propósito de lograr una organización Lean, haciendo que exista un pensamiento Lean, basado en el compromiso, la disciplina y la gestión del conocimiento. Una organización Lean debe reflejar en todas sus áreas y procesos el mayor valor posible, y en todos sus miembros, la idea de que dicha organización es el mejor lugar

### **2.3 Informe Lean A3, Herramienta de mejora**

El secreto de Toyota para la resolución de problemas y el diseño y ejecución de eventos Kaizen se llama Informe A3.

El Informe A3 es una herramienta de gestión clave que forma parte del sistema de producción de Toyota TPS. Es una herramienta de toma de decisiones y a la vez es el proceso de resolución de problemas, que está fundamentado en el Ciclo de Deming (PDCA).

Se llama A3 porque se recoge en una hoja tamaño A3 y su uso permite desarrollar e implantar dentro de la organización la cultura y filosofía de mejora continua.

La estructura de un informe A3 es simple: Se trata de un modelo estándar que se estructura en una serie de apartados. Se lee de arriba abajo, primero la columna de la izquierda y después la de la derecha.

Podemos encontrar diferente número de cuadros pero se deben recoger los siguientes puntos esenciales:

- Definición del problema

Definición clara y concisa del problema, utilizar en la medida de lo posible datos cuantitativos, detallar lo que sea necesario para hacer el problema comprensible.

- Situación actual

El problema se produce en el ámbito de un proceso. En este punto se debe describir ese proceso tomando datos reales, utilizar esquemas y diagramas (Pareto, flujogramas..), utilizar en la medida de lo posible datos cuantitativos y resaltar el problema dentro del proceso.

- Análisis de las causas

Mostrar gráficamente análisis y conclusiones: 5-porqués, Ishikawa.

- Situación objetivo

Representar gráficamente cuál sería la situación ideal, incluyendo los mismos indicadores que en la situación actual.

- Plan de acción

Tenemos una descripción esencial del problema, tenemos identificadas las causas y tenemos los objetivos; ahora definimos las acciones indicando quien hace que, como y cuando.

- Seguimiento

El informe A3 también ha de servir para poder ver en todo momento en qué situación están las acciones definidas. Pero además muestra de forma clara qué se pretende conseguir con esas acciones.

- Resultados

El cierre del informe nos debe de mostrar qué se consiguió, de modo que podamos tener un registro sencillo pero fiable de toda la resolución del problema y podamos extender las conclusiones a otros problemas.

Existen diferentes formatos de reportes A3 para diferentes aplicaciones, pero esencialmente estos reportes consisten en 4 secciones mayores que lo encabezan.

1. La primera sección es la determinación del problema en la que una o dos oraciones determinan concisamente el problema que se va a dirigir.
2. La segunda sección el análisis de la situación actual, la cual analiza las condiciones existentes para poder determinar las causas raíz del problema. El análisis se hace utilizando los datos de fuentes electrónicas, así como de la observación de las operaciones existentes, técnicas adicionales de análisis de causa raíz como diagramas de causa-efecto y análisis de 5 porque, pueden ser utilizadas para llegar a la raíz del problema.
3. La tercera sección es el análisis de estado futuro, que evalúa las diferentes ideas de mejora o condiciones objetivo que podrán mitigar o rectificar el problema. Algunas organizaciones se refieren a estas ideas como medidas de corrección, con el entendimiento de que la solución para un problema es buena hasta que una mejor es encontrada. El diagrama de estado futuro representa como operará el proceso cuando las medidas de corrección sean implementadas.
4. La cuarta sección es la implementación del plan, que determina los pasos importantes a completar en el diagrama de estado futuro, los participantes especifican y priorizan los cambios, también definen cuando se implementaran, todo esto con fechas específicas establecidas y la descripción de los cambios y beneficios que se obtendrán.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.**

### **3.1 Materiales**

Los materiales requeridos para el estudio se dividen en equipo y maquinaria, materiales de oficina y equipo de medición, a continuación, se describen los materiales utilizados:

#### **Equipo y maquinaria**

- Prensa AM-O-Electric
- Pinzas cortadoras de cable
- Prensa Denison 2 ton
- Pinzas de punta
- Fixtura de prueba acústica
- Microscopio

#### **Materiales de oficina**

- Laptop Lenovo Thinkpad Yoga X1
- Instrucciones de ensamble de microfono 577b
- Especificaciones mecánicas de materiales
- Software Microsoft Office 2016
- Software Minitab 18
- Libreta de apuntes
- Impresora HP

- Pluma
- Hojas de papel
- Marcadores

### Equipo de medición

- Manómetro digital
- Máquina de medición por coordenadas OGP
- Manómetro análogo para resistencia acústica

### 3.2 Metodología

La metodología utilizada para la realización de este proyecto se basa en el reporte A3, considerado como herramienta de mejora continua y se muestra en el diagrama descrito a continuación:

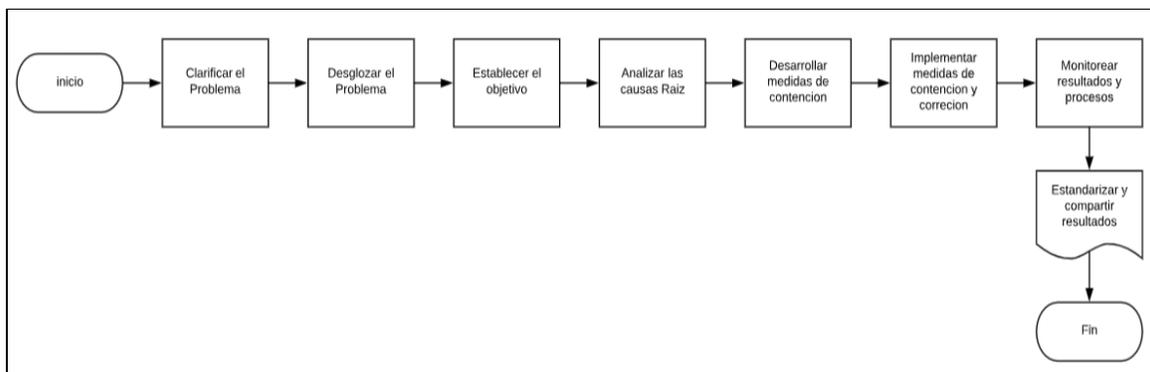


Figura 3.1 Proceso para reporte A3

A continuación se describen cada uno de los pasos a seguir para generar el reporte A3:

### Paso 1

Establecer un grupo de trabajo multidisciplinario, para el análisis de las causas raíz así como de las acciones a desarrollar en este estudio, es necesario contar con integrantes de diferentes áreas del proceso así como de los departamentos de soporte de la unidad de negocio.

### Paso 2

Clarificar el problema observado, para este paso se recomienda utilizar herramientas tales como datos recolectados de la voz del cliente y de las partes interesadas.

Tabla 3.2 Ponderación de expertos para causas

Causa	Ponderación					Total
	Persona 1 Departamento A	Persona 2 Departamento B	Persona 3 Departamento C	Persona 4 Departamento C	Persona 5 Departamento D	
Causa 1						
Causa 2						
Causa 3						
Causa 4						
Causa 5						
Causa 6						
Causa 7						
Causa 8						

**Escala de ponderación**

Poco probable	1
Medianamente probable	3
Muy probable	5

El resultado de la ponderación ayudara a determinar las causas significantes que afectan al proceso que se está evaluando.

### Paso 3

Desglosar el problema, establecer la situación problemática, describir el impacto del problema, para este paso se recomienda utilizar diagramas de espagueti, mapeo de procesos, colección de datos sobre el procesos, SIPOC, gráficos de barras e histogramas.

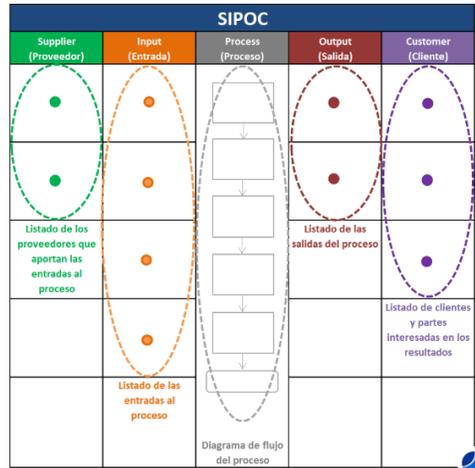


Figura 3.3 Ejemplo diagrama SIPOC

Paso 4

Definir el objetivo, definir el objetivo a alcanzar al término del estudio, determinar las variables medibles a comparar antes y después de la implementación de las acciones de corrección.

Paso 5

Analizar la causa raíz, identificar las causas que están afectando el proceso y determinar cuáles de ellas son significativas para el resultado del proceso, ponderar cada una de ellas y ejecutar acciones para evitar la recurrencia de las mismas, para este paso se recomienda hacer entrevistas, utilizar la metodología de los 5 por qué?, diagramas de causa y efecto, regresión y correlación, análisis de Cpk.

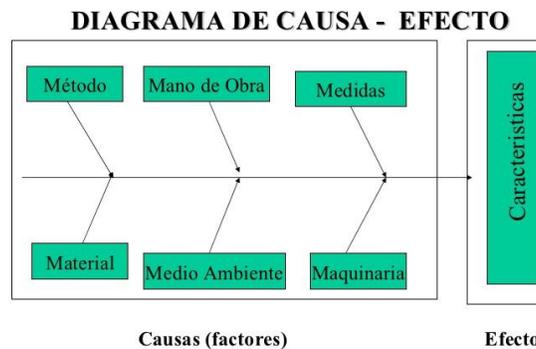


Figura 3.2 Ejemplo diagrama causa y efecto

## Paso 6

Desarrollar medidas de contención, después de identificar las causas raíz, se desarrollaran medidas de contención para cada una de estas causas teniendo una fecha compromiso para cada una de ellas, así como un responsable de ejecutar estas medidas de contención, el resultado de cada una de ellas será evaluado por el grupo de trabajo y se determinaran acciones a seguir dependiendo de los resultados obtenidos.

## Paso 7

Establecer e implementar las medidas de contención y corrección, basados en el análisis de las medidas de contención se realizaran las acciones de corrección, de igual manera estas contarán con un responsable, así como fecha de implementación, se evaluarán resultados por parte del equipo de trabajo y se medirá su efectividad, para este paso se recomienda utilizar gráficos Gantt y planes de acción.

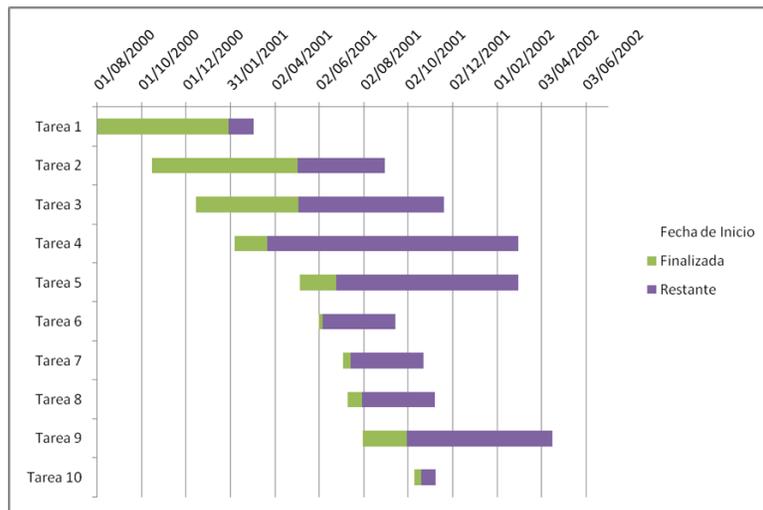


Figura 3.3 Gráfico de Gantt

## Paso 8

Estandarizar y compartir los resultados, compartir los resultados obtenidos en el estudio con las personas involucradas en la organización, comparar las variables medibles establecidas en el estudio, antes y después de la implementación de la metodología.

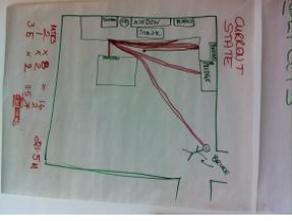
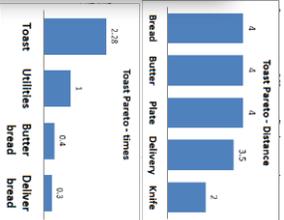
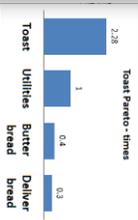
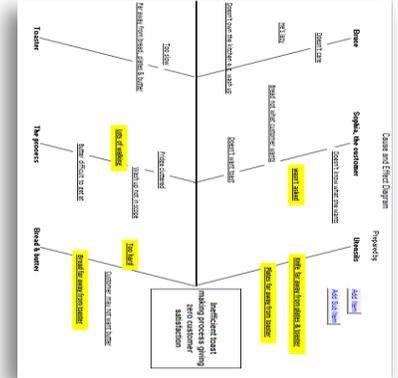
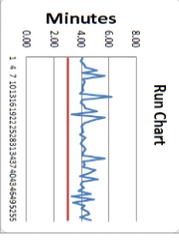
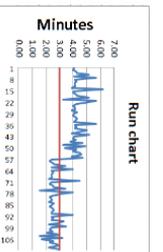
<b>A3 No. and Name</b> A3-12345 B	<b>Stakeholders (name &amp; role)</b> 1. 2. 3. 4.	<b>Team members (name &amp; role)</b> 1. 2. 3. 4.	<b>Department</b> The Kitchen	<b>Company objective</b> Domestic harmony  <b>Start date &amp; planned duration</b>															
<b>1. Clarify the problem</b> Is: The Kitchen, toast making process for wife is not: any other part of the house, any other cooking process, the washing up  <b>Problem statement:</b> Bruce's time and resources (bread, butter & energy) are being wasted in the process of making toast that fails to meet his wife's requirements. As a result the process needs to be repeated.																			
<b>2. Breakdown the problem</b>       <p><b>Cause &amp; effects conclusions:</b>          Customer not asked          Distance between toaster, bread, plates &amp; knife is too long          Butter too hard</p>																			
<b>3. Set the Target</b> 1. Improve customer RFT from 0% to 100% 2. Reduce the toast making process time from 4mins 12 secs to 3 mins 3. Reduce the distance travelled during toast making from 21.5 metres to 10 metres 4.																			
<b>4. Analyse the Root Cause</b>    <p><b>Countermeasure</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ask the customer what she wants</li> <li>2. Move toaster near plates &amp; Bread</li> <li>3. Have spreadable butter ready</li> </ol> <p><b>Impact on target</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Correct inventory, no dumping, RFT 100%</li> <li>Distance: minus 12 metres</li> <li>Time: minus 1 min</li> <li>Distance: minus 6 metres</li> <li>Time: minus 20 seconds</li> </ul> <p>Washing up is outside the scope as we reckon Bruce won't have time.</p> <p><b>6. Implement Countermeasure</b></p> 																			
<b>7. Monitor Results &amp; Process</b>  																			
<b>8. Standardise &amp; Share Success</b>  Bruce also managed to get the dishwasher filled and running in the 2mins and 17secs it now takes him to make the toast. <table border="1" data-bbox="722 1470 803 1732"> <thead> <tr> <th>Before</th> <th>Target</th> <th>Actual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CS</td> <td>0%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Time</td> <td>4m12s</td> <td>3m0s</td> </tr> <tr> <td>Distance</td> <td>21.5m</td> <td>10m</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>6m</td> </tr> </tbody> </table> <p>Domestic harmony is increased :)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lean is a different way of looking at things. Focus on the process, and WASTE in the process, not the individual carrying out the process</li> <li>2. We need to immediately address the position of the toaster under the paper towel - safety hazard!!</li> <li>3. The fridge position needs to be raised to better ergonomic height and contents de-cluttered</li> </ol>					Before	Target	Actual	CS	0%	100%	Time	4m12s	3m0s	Distance	21.5m	10m			6m
Before	Target	Actual																	
CS	0%	100%																	
Time	4m12s	3m0s																	
Distance	21.5m	10m																	
		6m																	

Figura 3.4 Ejemplo resultados en reporte A3

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de aplicar la metodología para este caso se enlistan a continuación:

### Paso 1

Establecer un grupo de trabajo multidisciplinario

Este equipo esta designado para cada unidad de negocio y se conforma con personal de los siguientes departamentos:

- Producción
- Ingeniería de manufactura
- Ingeniería de calidad
- Ingeniería de prueba
- Ingeniería de calidad de proveedores

En la siguiente tabla se hace referencia al equipo integrado para este caso.

Tabla 4.1 Integrantes del equipo

<b>Nombre</b>	<b>Departamento</b>
Adrián Delgado	Calidad de Proveedores
Gerardo Robles	Ingeniería de Manufactura
Victor Padilla	Ingeniería de Prueba
Alma Pineda	Producción
Mayra Rivera	Ingeniería de Calidad

## Paso 2

El problema se presenta en la línea de producción del micrófono 577b, la prueba de resistencia acústica detecta los valores de resistencia del subensamble 65b1068 los cuales tiene un rango de aceptación que va de 41 a 67 Ohm, esto se puede medir una vez que el subensamble esta completo y se realiza utilizando un manómetro análogo, si el subensamble está dentro de los rangos de aceptación, la pieza puede continuar siendo manufacturada, caso contrario tendrá que ser retrabajada quitándole la resistencia y poniéndole otra nueva, esto implica tirar la resistencia que se utilizó anteriormente y volver a aplicar el adhesivo, así como esperar el tiempo de secado de 30 minutos y volver a probar, si esta pieza es aceptada y ensamblada en su totalidad se le realiza una prueba final llamada “close talk”, una vez que la unidad pasa esta prueba, el producto se puede empacar para enviarse al cliente.

## Paso 3

El aumento de scrap debido al retrabajo de la resistencia 65B1068 genera atraso en la producción del micrófono 577b, se ha observado un aumento en los últimos 3 meses que han generado que la producción de este modelo de micrófono no se complete en el tiempo requerido.

Las siguientes graficas muestran el aumento en scrap de la resistencia, así como el cumplimiento de las ordenes programadas.

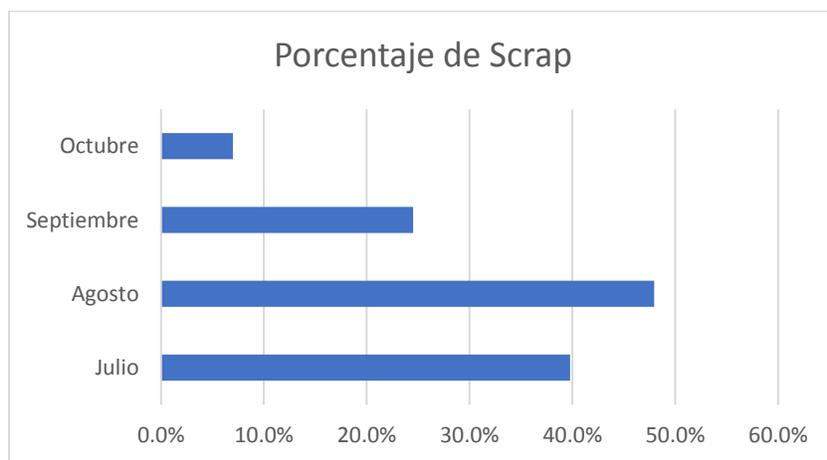


Figura 4.2 Porcentaje de scrap en sub-ensamble de resistencia

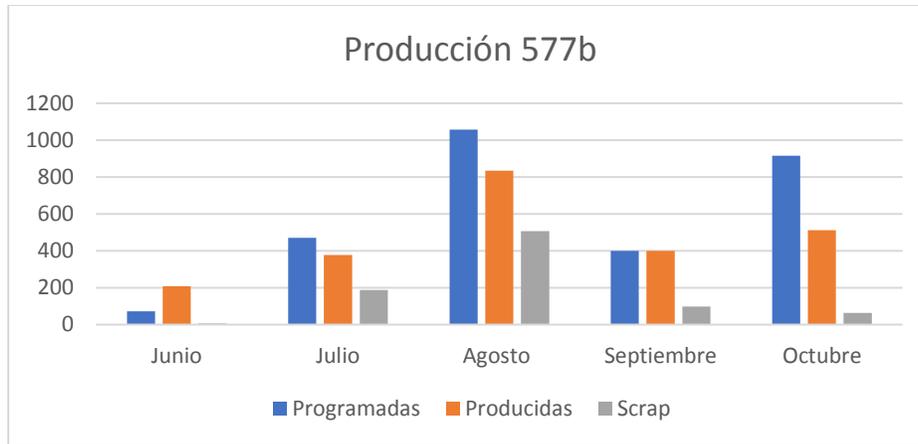


Figura 4.3 Efectividad de la prueba de resistencia

#### Paso 4

El objetivo de esta metodología es eliminar el desperdicio generado en la prueba de resistencia que se hace al subensamble, para que las piezas puedan ser manufacturadas en su totalidad sin tener que ser retrabajadas, se desea incrementar la efectividad de cumplimiento en la prueba a un 95%

#### Paso 5

El análisis de causa raíz para este estudio fue efectuado usando un diagrama de causa y efecto, así como la ponderación de los miembros del equipo, a continuación se muestra el diagrama de causa y efecto generado:

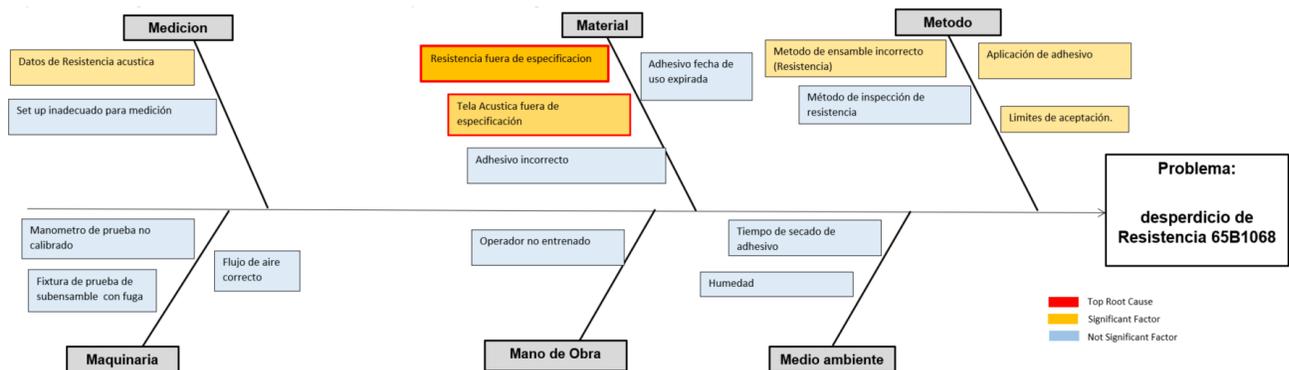


Figura 4.4 Diagrama de causa y efecto

El resultado del análisis de causas raíz para este caso determinó que los factores significantes son los siguientes:

- Datos de resistencia acústica
- Resistencia fuera de especificación
- Tela acústica fuera de especificación
- Método de ensamble incorrecto
- Aplicación de adhesivo
- Límites de especificación

Las posibles causas raíz fueron ponderadas por el equipo y los resultados de la ponderación se muestran a continuación:

Tabla 4.5 Ponderación de causa raíz

Causa	Ponderacion					
	Ing. Calidad	Calidad Proveedores	Ing. Manufactura	Ing. Prueba	Producción	Total
Datos de Resistencia	3	5	3	5	1	17
Resistencia	5	5	5	3	5	23
Tela acústica	3	5	5	5	5	23
Adhesivo incorrecto	1	1	1	1	1	5
Método de ensamble de la resistencia	1	3	3	1	3	11
Aplicación de adhesivo	1	5	1	1	3	11
Método de inspección de resistencia	3	1	3	1	1	9
Especificaciones de aceptación para materia prima	1	1	3	3	5	13
Manómetro no calibrado	1	3	1	1	3	9
Fixtura de prueba de sub-ensamble	5	3	3	3	3	17
Operador no entrenado	1	1	1	1	1	5
Tiempo de secado de adhesivo	1	1	1	1	1	5
Humedad	1	1	1	1	1	5

**Escala de ponderacion**

Poco probable	1
Medianamente probable	3
Muy Probable	5

## Paso 6

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de causas raíz y la ponderación, las siguientes medidas de contención y acciones se determinaron, en la siguiente tabla tenemos un listado con las acciones resultantes, la persona a cargo y la fecha tentativa para terminar esta acción, luego para cada uno de estos puntos tenemos una breve descripción del resultado así como su conclusión.

Tabla 4.4 Medidas de contención y acciones

Numero	Acción	Descripción de la acción	Responsable	Resultado	Fecha de finalización
1	Sorteo de material	El material 65B1068 se sorteara usando los criterios de calidad establecidos en el dibujo acerca de la limpieza del material, las piezas rechazadas presentan una condición de "contaminación" de la cual se sospecha está la alta resistencia.	A. Delgado	Se sortearon 2,365 piezas y se encontraron 235 piezas defectuosas	8/9/2018
2	Tela acústica	Se revisara el proceso de fabricación de la tela acústica 35a365 que es parte de la resistencia 65B1068, para detectar áreas de oportunidad dentro del proceso.	Equipo	En la revisión de proceso se pudo encontrar que la operadora sigue el proceso de cortado de tela correctamente, se encontró que existen 2 dados de corte para la tela y que solamente uno es el adecuado, se retiro de la línea de producción el que no estaba dentro de la instrucción de proceso	8/10/2018
3	Revisión de fixtura de prueba en sub ensamble	Se revisara la fixtura de prueba que se usa en el sub ensamble de la línea de producción, esta tiene que coincidir con el dibujo mecánico.	V. Padilla	Se reviso la fixtura y se encontró que estaba funcionando correctamente, se calibro con el estándar	8/8/2018
4	Datos de la resistencia acústica	Revisar el método de recolección de datos de la resistencia acústica y validar que éste sea el que está especificado en la instrucción de trabajo	A. Delgado/ M. Rivera	El método tiene un área de oportunidad ya que la fixtura debe estar bien posicionada y sellada para la lectura sea correcta, se encontraron algunas piezas que se habían marcado como malas, se volvieron a medir y pasaron la prueba, se retroalimentó al operador acerca de esta condición ya que si esta documentado en su instrucción de trabajo.	8/10/2018
5	Especificaciones de aceptación de materia prima	Revisar las especificaciones de aceptación existentes para el material 65B1068 y confirmar que el inventario actual cumpla con estas especificaciones	A. Delgado	las especificaciones de materia prima están definidas en el plan de inspección del área de inspección de recibo, las piezas cumplen con las especificaciones dimensionales requeridas en la verificación	8/9/2018
6	Medir resistencias acústicas	Medir resistencia para comprobar que cumplen con el valor especificado en el dibujo	A. Delgado / V. Padilla	No se cuenta con una fixtura para poder medir la resistencia cuando llega de proveedor	8/10/2018
7	Revisar los controles que se tienen en la aplicación del adhesivo	Revisar los criterios de aceptación en proceso en la operación de aplicado de adhesivo para el sub-ensamble de resistencia	A. Delgado / A. Pineda	Se cuenta con un criterio visual para la aceptación del ensamble después de aplicar el adhesivo.	8/13/2018

Las acciones resultantes de la evaluación de causas raíz se realizó y estos son algunos de los puntos a destacar en cada una de las acciones.

1. Sorteo de material.

El material que se tenía en existencia fue sorteado utilizando el criterio de calidad establecido en la figura 4.5, de un total de 2,365 piezas revisadas, 265 piezas se encontraron con una condición similar a la mostrada en el criterio de aceptación, el material fue revisado utilizando un microscopio con una magnificación de 20X, se sospecha que la obstrucción de la tela o la presencia de “contaminación” en la tela de la resistencia contribuye a que esta aumente la resistencia acústica en el proceso de producción, después de tener el material debidamente identificado se realizara una corrida controlada de 30 piezas de cada condición para evaluar esta teoría.

Una vez recabados los datos sobre el resultado de la corrida controlada se podrá decidir cuál es el siguiente paso a evaluar sobre la resistencia.

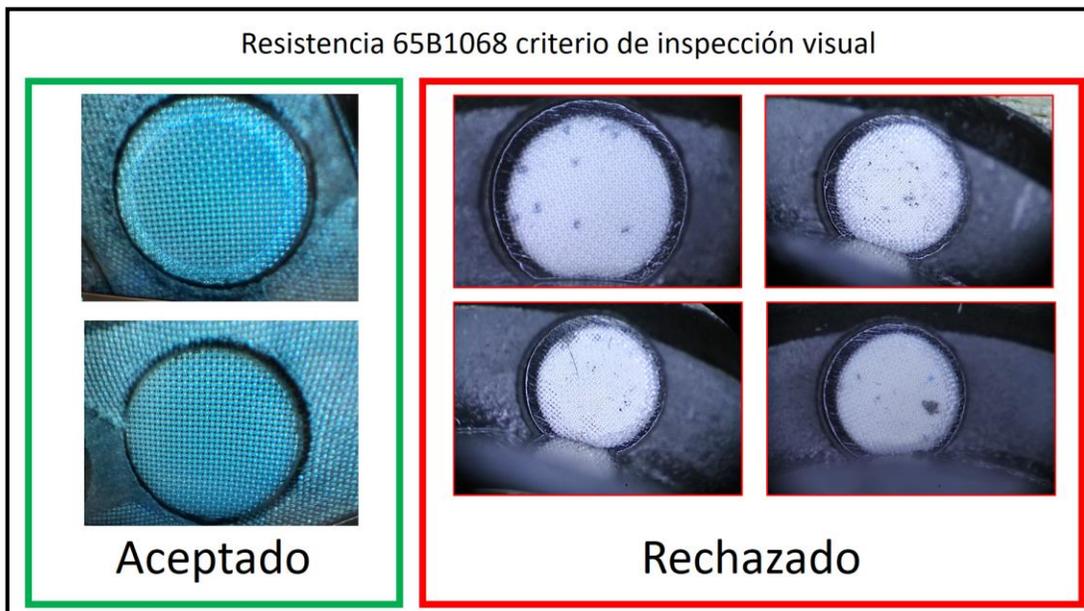


Figura 4.5 Criterio de aceptación para resistencia

## 2. Proceso de producción de la tela acústica.

Se decidió evaluar este proceso ya que la empresa también fabrica la tela 35A365, que es parte de la materia prima que se utiliza para la fabricación de la resistencia 65B1068, la tela se produce en el área denominada “cliker” que forma parte de la unidad de negocio 3, el proceso de fabricación se describe a continuación:

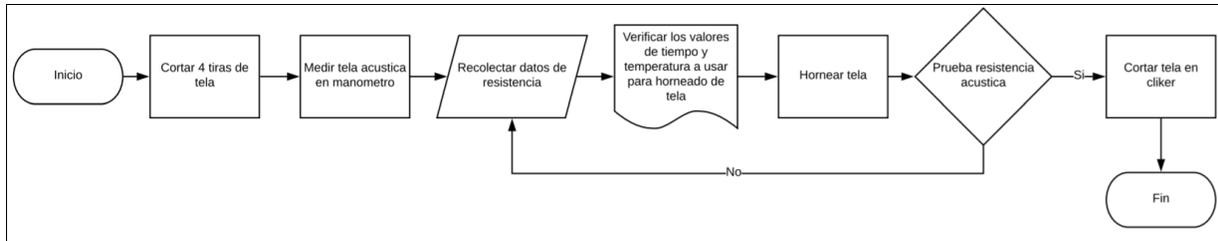


Figura 4.6 Proceso de horneado de tela

1. La tela 10a76a se prepara para la validación, esto consiste en cortar 4 tiras que son las muestras del valor acústico inicial, se registran los valores iniciales de resistencia en los formatos establecidos.
2. Se sigue la instrucción de horneado según la tabla de tiempo y temperatura para ajustar el valor acústico según la especificación, esto basado en los valores iniciales de resistencia de la tela.
3. Se miden tres secciones de cada una de las 4 tiras para asegurar que están dentro del rango que especifica el dibujo (13 a 17 Ohms).
4. Una vez liberadas estas 4 tiras de tela se comienza con la producción de la orden completa, dejando los valores de tiempo y temperatura que se establecieron al inicio.
5. Después del horneado de la tela, se corta en la maquina “cliker” en círculos perforados para convertirse en 35a365.
6. Las telas 35<sup>a</sup>365 son enviadas con un proveedor externo para que sean moldeadas en plástico y regresen convertidas en 65b1068.

Durante la revisión del equipo al área de producción de cliker se encontraron los siguientes puntos:

- Se encontraron 2 diferentes dados de corte para la maquina cliker, la diferencia de los dados era un expulsor en uno de ellos, se verifico con el ingeniero de tooling y se confirmó que el dado que tiene el expulsor no se tiene que usar en esta operación, se retiró de la línea y se dio de baja, en la figura 4.7 se muestran los dos dados de corte, el dado de color rosa se dio de baja.



Figura 4.7 Dados de corte

### 3. Datos de resistencia acústica

El método de prueba para el sub-ensamble se describe a continuación:

- El sub-ensamble se coloca en la fixtura de prueba y se mide la resistencia, esto con los parámetros de flujo de aire establecidos en la especificación de prueba que es de 24.9 cm<sup>3</sup>/seg.
- El resultado de la prueba debe estar entre 41 y 67 ohms, si la resistencia es menor de 41, se le puede aplicar adhesivo para incrementar la resistencia acústica.
- Una vez alcanzado el valor acústico deseado, el sub-ensamble pasa a la siguiente operación.
- Los valores altos de resistencia el sub-ensamble tendrán que ser retrabajados



Figura 4.8 Proceso de ajuste y prueba de resistencia

Se encontró un área de oportunidad en lo que se refiere a la colocación del sub-ensamble en la fixtura de prueba, ya que la posición del sub-ensamble en la fixtura debe estar colocado completamente asentado la cavidad de prueba, esto para tener una lectura correcta, algunas de las piezas que resultaron con una lectura de 68 ohm, se volvieron a medir y resultaron estar dentro de especificación, estas se encontraban en el límite alto de la especificación (67 ohms).

Se brindo retroalimentación a la operadora de la prueba para corregir esta condición, se midieron 35 piezas y se confirmó que todas estaban correctamente medidas.

#### 4. Revisión de fixtura de prueba

Para este punto, se solicitó la revisión de la fixtura para confirmar que se encontraba dentro de calibración y funcionando correctamente, esto lo pudo confirmar el ingeniero de prueba, la fixtura se volvió a calibrar con el estándar.

#### 5. Especificaciones de aceptación de materia prima

El material 65B1068 tiene un plan de inspección, el cual consiste en revisar 4 dimensiones de la pieza, así como realizar una inspección visual que consiste en las siguientes especificaciones:

Inspeccionar en un lugar cerrado, con luz blanca a una intensidad de 80 a 120 candelas, Sostener la parte a una distancia de 30 centímetros de retirado de los ojos, sin magnificación y rotar la parte por 4 a 6 segundos para decidir si es aceptable, las siguientes características no son aceptables para esta pieza:

- Rebaba, marcas, tiros cortos, líneas de flujo e imperfecciones en la superficie
- Partes contaminadas o con residuos de aceite.
- Partes quebradas, dobladas o diferentes al dibujo.
- Partes con color diferente al establecido en el dibujo.
- Partes con alguna identificación diferente al número de cavidad.

**Display Inspection Plan: Characteristic Overview**

Material 65B1068 SCREEN, RESISTANCE, BLACK Grp.Count1  
 Activity 0010 Incoming Inspection 65B1068

Quan. Data Catalogs Sample Control Indicators

Char.	Preset I...	Qn	Ql	Master in...	Plant	Version	R..	Short text insp.char	Lon...	Tol...	Method	Ins...	Version	Sampling ...	S...	Base s...
10		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50000000	WH01	1		Appearance Direct View						ZC100100	EA	1.00
30		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50000007	WH01	2		.830 +/- .005						ZC101000	EA	1.00
40		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50000007	WH01	2		.234 +/- .005						ZC101000	EA	1.00
50		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50000020	WH01	1		.462 +/- .005						ZC101000	EA	1.00
60		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	50000007	WH01	2		.007 +/- .003 (2 places)						ZC101000	EA	1.00

Figura 4.9 Plan de inspección de la parte 65B1068

Las partes fueron inspeccionadas de acuerdo al plan existente y se confirmó que eran partes dentro de especificación, la condición por la cual el material se sorteó no era visible a simple vista, se requería una magnificación de 20X.



Figura 4.10 Resistencia 65B1068

#### 6. Medir resistencias acústicas

Las resistencias acústicas cuentan con una especificación de  $55 + 12 / - 14$  Homs, esta resistencia no se puede medir en la inspección de recibo debido a que no se cuenta con una fixtura para poder hacer esta medición, la recomendación del equipo fue fabricar una fixtura que nos permita medir este valor en la inspección de recibo, se requirió esta fixtura al ingeniero de herramental de la empresa y se mandó construir.

El objetivo es poder detectar las resistencias que llegan fuera de especificación del proceso de moldeo con el proveedor externo, debido a que la empresa no solicita que el proveedor mida la resistencia acústica de las partes moldeadas, no se cuenta con registros del valor de resistencia después de este proceso.

#### 7. Aplicación de adhesivo

La operación de aplicación de adhesivo al subensamble se consideró como una de las operaciones críticas para el funcionamiento del sub-ensamble, ya que es la que sella la unión entre el frame y la resistencia, se revisó la aplicación con la operadora de esta estación y se determinó que cumplía de acuerdo a la instrucción de trabajo, a continuación se describe la operación:

- Limpiar la superficie del subensamble con tolueno
- Usar aire comprimido para secar la superficie

- Prensar la resistencia al sub-ensamble
- Aplicar adhesivo al sub-ensamble
- Realizar prueba de resistencia en manómetro

A continuación, se muestran fotografías de este procedimiento, el cual fue verificado por el equipo y se determinó que se realiza de acuerdo a la instrucción de trabajo.



Figura 4.11 Limpieza de sub-ensamble

La limpieza se lleva acabo utilizando un aplicador con punta de algodón, se limpia utilizando tolueno, y se seca utilizando aire comprimido.



Figura 4.12 Prensado de resistencia en frame

El prensado de la resistencia y el frame se realiza en la prensa Denison, la punta de la prensa tiene forma circular semejante a la resistencia 65B1068, esta presiona los bordes de la resistencia para cerrar el sub-ensamble.



Figura 4.13 Aplicación de adhesivo

La aplicación de adhesivo sirve para sellar el espacio que pudiera quedar entre el frame y la resistencia, y así asegurar que no exista fuga en el sub-ensamble el tiempo de secado es de 30 minutos por pieza, un punto importante de esta operación es que se tiene que cuidar que el adhesivo no entre a los orificios de la resistencia que tienen la tela, un indicador de que esto sucedió es que la tela se pinta de un color amarillo (color del adhesivo).

#### Paso 7

Establecer e implementar las medidas de contención y corrección.

En lo referente a las medidas de contención y corrección, se tiene el siguiente listado que se obtuvo después de analizar las medidas de contención, al igual que el paso anterior, se describen las acciones realizadas así como la fecha de implementación y una descripción de los resultados.

Tabla 4.14 Acciones de contención y corrección

Número	Acción	Descripción de la acción	Responsable	Resultado	Fecha de finalización
1	Corrida controlada	Realizar corrida controlada con las resistencias que resultaron "buenas" en el sorteo de material, se fabricaran 30 sub-ensambles y se analizaran resultados	A. Delgado / M. Rivera	El resultado de la corrida controlada fue que de las 30 piezas que se tenían como buenas, basadas en el criterio cosmético, 14 fallaron la prueba acústica del manómetro	9/12/2018
2	Evaluación de fixtura de prueba para materia prima	Se evaluara la fixtura que se mando fabricar para poder medir la resistencia 65B1068	V. Padilla	La evaluación de la nueva fixtura para medir la resistencia 65B1068, se realizó midiendo 20 piezas 10 veces y se recabaron los resultados, mismos que muestran una variación de 2 Ohm para esta fixtura	9/25/2018
3	Evaluar el cambio en el valor acústico a través del proceso de producción	Se revisaran los cambios de valor de resistencia que ocurren dentro del proceso del sub-ensamble para obtener información que nos ayude a entender el proceso desde el punto de vista de la resistencia	A. Delgado / A. Pineda	Se realizó el análisis en 20 piezas y el resultado fue que en promedio, las resistencias suben 6 ohm durante el proceso de la fabricación del sub-ensamble, con estos resultados se realizará un segundo sorteo de material "sacrificando" 8 ohm de resistencia, para así volver a tener una corrida controlada	9/26/2018
4	Medir Resistencias con fixtura	Utilizando la nueva fixtura de prueba se medirán resistencias, posteriormente se utilizaran para hacer una nueva corrida controlada	A. Delgado	Se midieron 3,644 piezas aplicando el criterio de aceptación a 59 ohm como máximo, el resultado fueron 2,346 piezas buenas y 1,298 piezas malas	10/4/2018
5	Realizar corrida controlada con material aceptado en la prueba de resistencia	Realizar corrida controlada con las resistencias que resultaron buenas en el sorteo realizado con especificación de 59 ohm	A. Delgado / A. Pineda	Se programó una corrida de 72 piezas, esta cantidad fue establecida debido a cortos de producción en otros materiales, el resultado de la corrida fue que todas las resistencias pasaron la prueba acústica.	11/2/2018
6	Actualización de plan de inspección en el área de inspección de recibo	Actualizar el plan de inspección para el material 65B1068, este incluirá la prueba de resistencia	A. Delgado	Se actualizó el plan de inspección para el material 65B1068	11/5/2018
7	Evaluación de materia prima con el proveedor	Evaluar los cambios de resistencia que sufre el material en el proceso de moldeo por inyección, para poder sugerir y establecer un nuevo valor de resistencia en la tela acústica que nos permita corregir el problema de resistencias altas	A. Delgado	Se cortaron 48 aros de la tela 35a365, documentando sus valores de resistencia inicial, así como la resistencia después del horneado de tela, se registraron los valores de temperatura y tiempo de horneado y se numeraron cada una de las piezas, se contacto al proveedor y se pidió que moldeara las piezas y se devolvieran con el número correspondiente para evaluar el cambio de resistencia.	10/30/2018

### 1. Corrida controlada con material aceptado después de sorteo con criterio cosmético

El resultado de la corrida controlada de 30 piezas que se realizó al material aceptado utilizando el criterio cosmético de la figura 4.5, donde 14 piezas fallaron la prueba de resistencia, nos indica que esta condición no es significativa para el resultado de resistencia acústica deseado.

### 2. Evaluación de fixtura de prueba

La evaluación de la fixtura de prueba se realizó midiendo 20 piezas de materia prima 10 veces cada una para evaluar la variación de la fixtura, los datos de resistencia, así como el método de evaluación se presentan a continuación:

Tabla 4.15 Resultados de resistencia para material 65B1068

DATA	PIECES																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10 READING AVERAGE	62.15	62.13	63.69	61.99	60.7	60.08	39.46	62.34	61.31	59.93	38.03	61.26	61.96	59.89	60.86	42.86	62.53	59.66	60.42	59.26

La tabla 4.15 nos muestra el promedio de los resultados de las mediciones de resistencia, estos valores se utilizaran para compararlos con los valores que resulten después de ensamblarlos y medirlos en el sub-ensamble.



Figura 4.16 Fixtura de prueba para material 65B1068

Los valores de resistencia de las 20 piezas después de ser ensambladas se muestran a continuación:

Tabla 4.17 Resultados de resistencia en sub-ensamble

DATA	PIECES																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PRODUCTION OLD FIXTURE	68	68	69	70	67	67	44	69	68	67	43	67	68	70	66	49	68	65	67	65

Como se puede observar en la tabla 4.17 algunas de los sub-ensambles están fuera de especificación, ya que el valor se resistencia es mayor a 67 ohms.

### 3. Evaluar el cambio en el valor acústico a través del proceso de producción

Teniendo los resultados obtenidos antes y después del ensamble de la resistencia se determinó el promedio de ohms que sube la resistencia dentro del proceso de fabricación del sub-ensamble, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 4.18 Diferencia en valores de resistencia

DATA	PIECES																				AVE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
DIFF (PF PRO - NF QA AVE)	5.85	5.87	5.31	8.01	6.3	6.92	4.54	6.66	6.69	7.07	4.97	5.74	6.04	10.11	5.14	6.14	5.47	5.34	6.58	5.74	6.22

La tabla 4.18 nos muestra que en promedio, la resistencia sube 6.22 ohms durante el proceso de fabricación del sub-ensamble, este valor se sumara a los 2 ohms que se tienen como variación en la fixtura para materia prima y se utilizaran para realizar una vez más un sorteo de materia prima en el que se tendrá como límite máximo de aceptación 59 ohms.

### 4. Medir resistencias

La nueva fixtura para medir resistencias a nivel de materia prima se utilizó para medir 3,644 piezas, de las cuales 2,346 piezas fueron aceptadas y 1,298 rechazadas, el criterio que se utilizó fue un rango de 41 a 59 ohms.

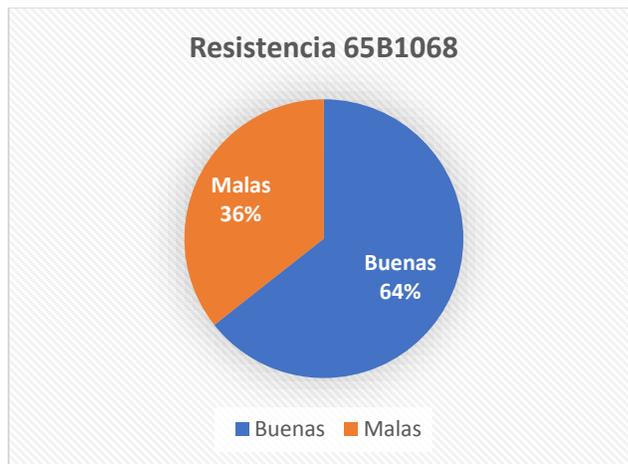


Figura 4.19 Resultados de sorteo de material

#### 5. Realizar corrida controlada

Después de realizar el sorteo de material se realizó una segunda corrida controlada para evaluar el resultado de la prueba de resistencia acústica a nivel de sub-ensamble y de micrófono completo, debido a cortos de material se corrieron solamente 72 piezas, de las cuales no se encontró ningún rechazo en la prueba de resistencia, los subensambles fueron terminados hasta ser convertidos en micrófonos completos, estos pasaron las todas las pruebas del proceso de producción y se empaclaron, logrando así una efectividad de producción de 100%.

#### 6. Actualización de plan de inspección

Después de los resultados obtenidos en la corrida controlada de 72 piezas, se determinó cambiar el plan de inspección en el área de inspección de recibo, para incluir la prueba de resistencia acústica, esto para poder detectar lotes de materia prima que lleguen fuera de especificación.

#### 7. Evaluación de materia prima con el proveedor

Debido a que no se cuenta con información acerca del cambio en la resistencia acústica del material 65B1068 cuando es moldeado el plástico, se decidió realizar una corrida controlada de la tela 35a365, en la que se registraron los valores iniciales de resistencia de la tela, así como los niveles de temperatura y tiempo a los cuales la tela fue horneada, 48 piezas fueron numeradas y se colocaron en bolsas individuales para que el proveedor las pueda moldear en plástico generando 48 piezas completas que se identificaran con el número de tela correspondiente, una vez que el material se reciba, será medido utilizando la fixtura para materia prima y se analizaran los resultados, esto para poder proporcionar y recomendar un nuevo límite de resistencia para la tela 35a365 que pueda hacer que el material 65B1058 llegue entre los niveles de 41 y 59 ohms.

El material se envió al proveedor el día 30 de Octubre de 2018 y se espera que la próxima orden de producción para el material 65B1068 se a mediados de Diciembre.

## Paso 8

Los resultados obtenidos a través del presente estudio nos muestran que para asegurar una efectividad de más de 95% en la prueba de resistencia es necesario contar con materia prima que se encuentre entre los valores de 41 y 59 ohms de resistencia.

El resultado de la corrida de 72 piezas en la que ninguna de las resistencias falló, nos indica un buen síntoma para próximas corridas de producción.

Los cambios realizados por el equipo de soporte muestran que el proceso aún tiene algunas oportunidades de mejora, ya que la mayoría de las operaciones son dependientes de la habilidad del operador, tanto en el proceso de fabricación del micrófono como en el proceso de fabricación de la tela acústica.

Tabla 4.20 Comparativo de efectividad y scrap

	Antes		Después
Efectividad	59.7%	Efectividad	100%
% Scrap	40.3%	% Scrap	0

Se realizó una prueba estadística utilizando una prueba One-Sample t, para evaluar los resultados obtenidos, se desea comprobar que los resultados obtenidos después de utilizar la herramienta de mejora son mayores a los que se tenían en los 4 meses anteriores.

Se planteo una hipótesis nula la cual nos dice que el valor de la media de los datos obtenido antes de la mejora es igual a 100%, y la hipótesis alternativa nos plantea que estos datos son menores a 100%.

Los resultados de la prueba se muestran en la figura 4.21, como podemos observar el valor del estadístico P es igual a 0.023, por lo cual la hipótesis nula se rechaza y podemos determinar

que estadísticamente la media de los valores de los meses anteriores es menor a 100%, que es el valor de eficiencia de prueba después de aplicar la herramienta de mejora.

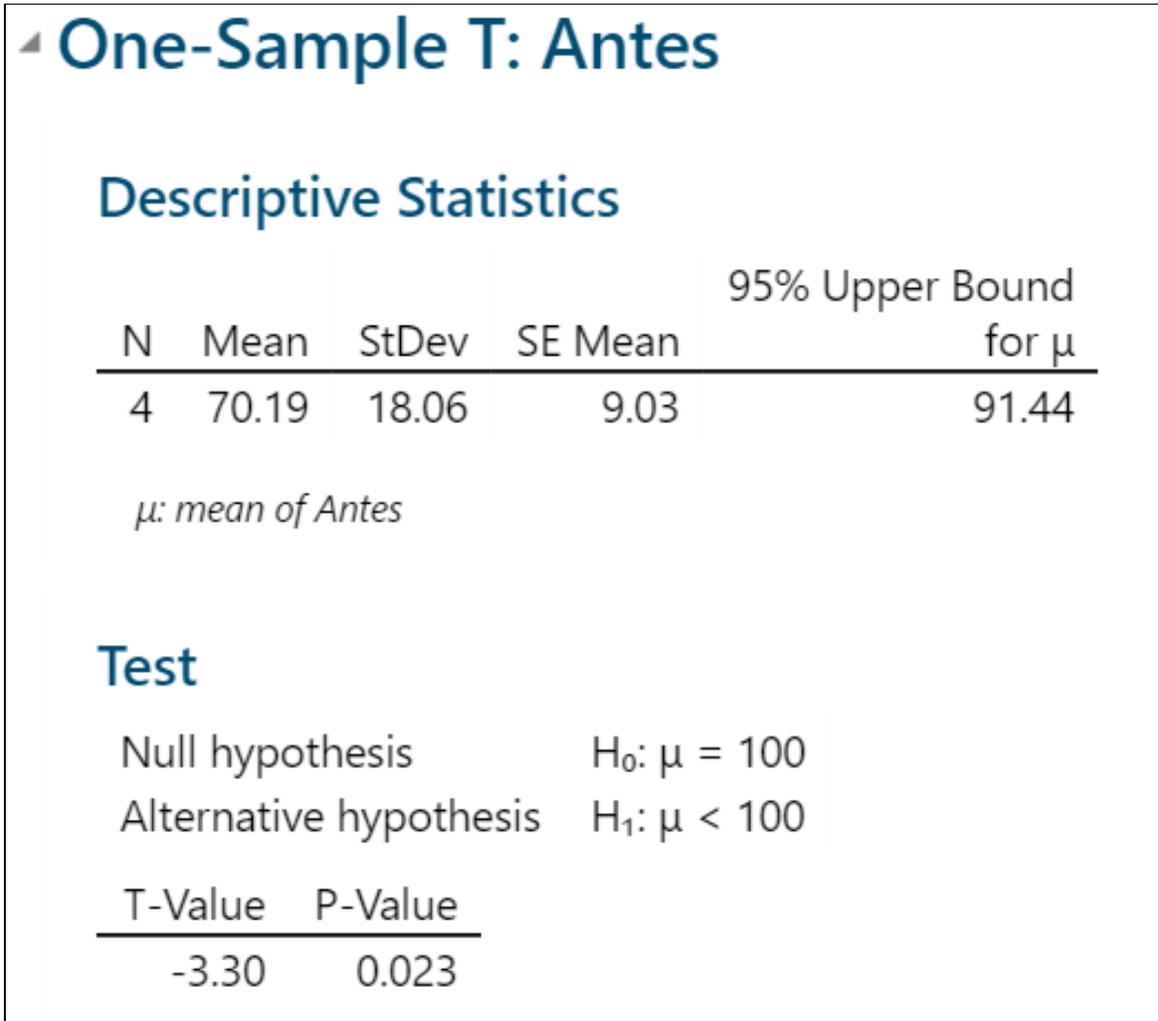


Figura 4.21 Resultado de prueba estadística

El resultado de la metodología usada en este caso de estudio se muestra en el formato A3 siguiente:

<b>A3 No. and Name</b>	A3-001 Resistencia de sub ensamble para 577b
<b>Team Leader (name &amp; phone ext)</b>	Adrian Delgado (SCE)
<b>Team members (name &amp; role)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Garardo Robles (ME)</li> <li>Mayra Rivera (QE)</li> <li>Victor Padilla (ATE)</li> <li>Alma Pineda (PD)</li> </ol>

<b>Stakeholders (name &amp; role)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alma Pineda (PD)</li> <li>Antonio Garcia (Planning)</li> <li></li> <li></li> </ol>
<b>Department</b>	Equipo de Soporte Edificio 1

### 1. Clarify the problem

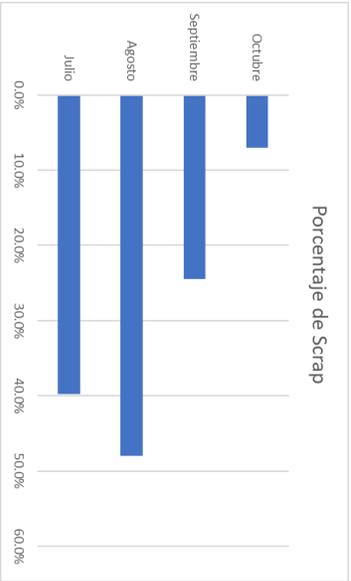
Is: Area de Sub-ensamble de resistencia para microfono 577b  
 Is not: Otro sub-ensamble del microfono 577b, otra linea de producción

### Problem statement:

La efectividad de producción del microfono 577b a través de los últimos 4 meses ha sido en promedio de 59.7%, con un porcentaje de scrap de materia prima del 40.3%, esto debido a fallos de resistencia alta en la prueba de resistencia de sub-ensamble realizada en la línea de producción, los límites de resistencia para el sub-ensamble son de 41 a 67 ohm.

### 2. Breakdown the problem

Mes	Programadas	Producidas	Efectividad	Scrap	%Scrap
Julio	470	378	60.21%	187	39.8%
Agosto	1057	834	52.03%	507	48.0%
Septiembre	400	400	75.50%	98	24.5%
Octubre	916	512	93.01%	64	7.0%

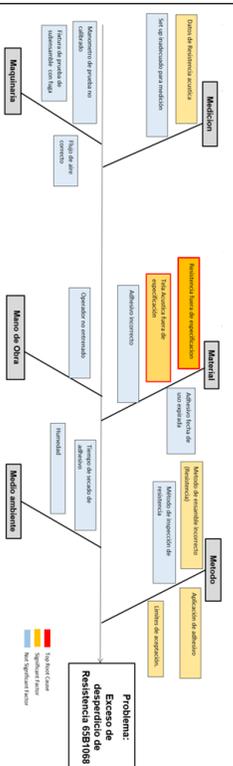


<b>Efectividad</b>	<b>59.7%</b>
<b>% Scrap</b>	<b>40.3%</b>

### 3. Set the Target

- Minimizar el porcentaje de Scrap a un nivel de 5%
- Aumentar la eficiencia de producción a 95%
- 
- 

### 4. Analyse the Root Cause

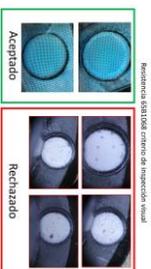


Causa	Ponderacion					Total
	Ing. Calidad	Calidad Proveedores	Ing. Manufactura	Ing. Prueba	Producción	
Exceso de resistencia	3	5	3	5	1	17
resistencia	5	5	5	3	5	23
Tela acustica	1	1	5	5	5	17
Adhesivo incorrecto	1	1	1	1	1	5
Método de ensamble de la resistencia	1	3	3	1	3	11
Aplicación de adhesivo	1	5	1	1	1	9
Método de inspección de resistencia	3	1	1	1	1	7
Operaciones de aceptación para materia prima no autorizada	1	1	3	3	5	13
Operador no entrenado	1	3	1	1	3	9
Operador no entrenado	5	3	3	3	3	17
Operador no entrenado	1	1	1	1	1	5
Operador no entrenado	1	1	1	1	1	5
Operador no entrenado	1	1	1	1	1	5

**Escala de ponderacion**  
 Poco probable 1  
 Moderadamente probable 3  
 Muy probable 5

### 5. Develop Countermeasures

- Sorteo de material
- Tela acustica
- Revisión de fixtura de prueba en sub ensamble
- Datos de la resistencia acustica
- Especificaciones de aceptación de materia prima
- Medir resistencias acusticas
- Revisar los controles que se tienen en la aplicación del adhesivo



### 6. Implement Countermeasures

Figura 4.22 Resultados en formato A3

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En cuanto a las conclusiones del estudio, podemos decir que los buenos resultados obtenidos se deben en gran parte a la buena ejecución de las diferentes actividades por parte de los integrantes del equipo, el objetivo pudo ser alcanzado y se ha podido resumir la producción del modelo 577b, el impacto de este estudio nos dice que la cantidad de micrófonos no producidos durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre representa una pérdida en tiempo de producción, retraso de ordenes programadas así como el costo del material que tenía que ser retrabajado, las 1,298 piezas que dejaron de producirse durante estos meses equivalen a una pérdida de \$118,635 .

Aunque parte de la solución de este problema fue el "sacrificar" 8 ohm en la prueba de resistencia, que tuvo un impacto de 1,298 piezas a nivel de materia prima para un costo de \$584.10 dls, esto contribuyó a poder tener una eficiencia del 100% en la línea de producción.

Las recomendaciones para este estudio son terminar el análisis de cambio de valor acústico para las piezas moldeadas por el proveedor, esto nos permitirá establecer y/o sugerir un nuevo valor de resistencia en la tela acústica que nos permita evitar rechazos en el proceso de producción.

## BIBLIOGRAFIA

- Kouri Charles J., Shure Rose L., (2001). *SHURE Personas, productos, y valores confiables*. Estados Unidos de Norteamérica: Graphics Inc.
- Chakravorty, S. S., (2018). Balancing Art and Science, Getting creative with A3 reports for problem solving. *Quality Progress, the official publication of ASQ*, 19-24.
- Ingeniería industrial online. Kaizen: Mejora continua.  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>
- Kubiak, T. M., Benbow D. W., (2009). *The Certified Six Sigma Black Belt Handbook*. Estados Unidos de Norteamérica: ASQ Quality Press.
- Pries, K. H., (2009). *Six Sigma for the New Millennium*. Estados Unidos de Norteamérica: ASQ Quality Press.
- Montgomery, D. C., (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Estados Unidos de Norteamérica: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Global Lean. Informe A3, Herramienta de Mejora (4 de Agosto de 2013).  
<http://www.globallean.net/noticias/informe-lean-a3-herramienta-de-mejora/1504/>
- McElroy, D. (2018). Llegando al fondo, Investigar más a fondo para encontrar la causa raíz. *Calidad, estrategias de éxito*, 20-24.
- Shulman, Y. (Junio, 2016). Dinamic Microphone Technology Training. Presentado en el entrenamiento de micrófonos acústicos en Shure Electronica, Ciudad Juárez, Chihuahua.