



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
Laureate International Universities

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE CALIDAD Y  
PRODUCCIÓN PARA REDUCIR LOS COSTOS DE LA EMPRESA  
DE REFRIGERACION INDUSTRIAL CONSORCIO D&E S.A.C.”**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**  
**Bach. Elber Idrogo Infante**  
**Bach. Alejandro Nomura Shiozawa**

**ASESOR:**  
**Ing. Jorge García González**

**TRUJILLO – PERÚ**  
**2018**

## **DEDICATORIA**

### ***A nuestro Padre Celestial***

*Por darme la vida y la oportunidad de realizar mis metas.*

*Por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por habernos otorgado la dicha de conocer a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

### ***A mis padres***

*Por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y por siempre apoyarme. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ustedes.*

## **EPÍGRAFE**

*“Todos tus sueños pueden hacerse realidad si tienes el coraje de perseguirlos” (Walt Disney)*

*“Muchos de nuestros sueños parecen al principio imposibles, luego pueden parecer improbables, y luego, cuando nos comprometemos firmemente, se vuelven inevitables” (Christopher Reeve)*

*“Es duro fracasar, pero es todavía peor no haber intentado nunca triunfar” (Theodore Roosevelt)*

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, doy gracias infinitas a Dios, por haberme dado fuerza para culminar esta etapa de mi vida.*

*Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, y los cuales sé que están orgullosos de la persona en la cual me he convertido.*

*Finalmente, a mi asesor el Ingeniero Jorge García Gonzales por cada una de sus valiosas aportaciones que hicieron posible este proyecto.*

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración el presente Proyecto:

***“PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE CALIDAD Y PRODUCCIÓN PARA  
REDUCIR LOS COSTOS DE LA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL  
CONSORCIO D&E S.A.C.”***

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los últimos días de Febrero a Abril del año 2018, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

---

Bach. Elber Idrogo Infante

---

Bach. Alejandro Nomura Shiozawa

## LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor:

---

Ing. Jorge García González

Jurado 1:

---

Ing. Marcos Gregorio Baca López

Jurado 2:

---

Ing. Mario Alfaro Cabello

Jurado 3:

---

Ing. Rafael Castillo Cabrera

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la empresa de refrigeración industrial CONSORCIO D&E SAC – Trujillo. Debido que actualmente presenta altos costos que perjudican su rentabilidad teniendo como enfoque la problemática en las áreas de calidad y producción, debido a una inadecuada distribución de planta y la presencia de costos de calidad y no calidad por la ausencia de herramientas de calidad en su proceso,

El presente trabajo ha sido elaborado con la finalidad de reducir los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C, para ello se ha planteado mejorar la situación actual del área de Producción y Calidad a través de una propuesta de mejora. Para llevar a cabo esta propuesta de mejora, en primer lugar, se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa (proceso, productos, instalación, etc), para luego con la aplicación del diagrama de Ishikawa y Pareto determinar los principales problemas que afectan a estas áreas y ocasionan altos niveles de costos para la empresa.

Para el desarrollo de la propuesta de mejora se hizo el uso de las siguientes metodologías y herramientas: Metodología de Ingeniería de Métodos, aplicando las herramientas de distribución de planta, celdas de manufactura y método Muther se logra mejorar optimizar el Layout de la empresa, sus estaciones, disminuir el número de recorridos innecesarios y a la vez reducir tiempos muertos. La metodología Six sigma, aplicando la metodología de DMAIC se logra reducir los productos no conformes, el número de reclamos y a la vez reducir tiempos muertos.

Los resultados que se lograron son:

Una disminución de costos de recorrido en un 68.7% con un valor monetario de S/ 9'806.57 soles del total observado en el diagnóstico que alcanza los S/ 14'272.88 soles aplicando la metodología de ingeniería de métodos.

Una reducción de costos por fallas en un 83% con un valor monetario de S/ 6'032.62 soles del total observado en el diagnóstico que alcanza los S/ 7'268.22 soles, a su vez reducirá el número de incidentes en 26 de los 31 registrados en el año 2017 evitando que estas fallas vuelvan a suceder en el futuro aplicando la metodología six sigma.

Para finalizar, se realizó una evaluación económica financiera obteniendo un VAN de S/9'603.32 soles, un TIR del 23%, lo cual significa que el proyecto es viable y con un valor de beneficio costo (B/C) de 1.33 soles.

## ABSTRACT

This research work was conducted in the company of industrial refrigeration Consortium D & E SAC - Trujillo. Because currently presenting high costs that undermine their profitability with approach problems in the areas of quality and production, In addition to an inadequate distribution of plant and the presence of cost of quality and non-quality by the lack of quality in the process tools,

This work has been developed with the purpose of increasing the profitability of the company CONSORCIO D & E S.A.C, for this purpose it has been proposed to improve the current situation of the Production and Quality Area through an improvement proposal. In order to carry out this improvement proposal, the diagnosis of the current situation of the company (process, products, installation, etc.) was made, then with the application of the Ishikawa and Pareto diagram to determine the main problems that affect these areas and cause a high costs of the company

For the development of the improvement proposal, the following methodologies and tools were used: Methods engineering methodology, applying the tools of plant distribution, manufacturing cells and Muther method, it is possible to optimize the Layout of the company, its stations, reduce the number of unnecessary runs and at the same time reduce downtime.

The methodology Six Sigma, applying the DMAIC methodology is achieved to reduce the non-compliant products, the number of claims and at the same time reduce downtime

The results achieved are:

A decrease in travel costs by 68.7% with a monetary value of s/ 9'806.57soles of the total observed in the diagnosis that reaches S / 14'272.22 soles applying the methodology of method engineering.

A decrease in failures cost by 83% with a monetary value of S/ 6'032.62soles of the total observed in the diagnosis that reaches the 7,768.22 soles, in turn will reduce the number of incidents in 26 of the 31 registered in the year 2017, preventing these failures from happening again in the future by applying the Six Sigma methodology.

Finally, an economic financial evaluation was carried out, obtaining a VAN of S/.9'603.32 soles, a TIR of 23%, which means that the project is viable and a value of benefic cost (B/C) of 1.33 soles.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
EPÍGRAFE .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PRESENTACIÓN.....	iv
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE FIGURAS .....	xi
INDICE DE CUADROS .....	xiii
INDICE DE IMÁGENES .....	xvi
INDICE DE TABLAS .....	xvii
INDICE DE GRÁFICOS .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPITULO 1 .....	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION .....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.1.1 Realidad problemática .....	4
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Delimitación de la investigación:.....	8
1.3.1 Metodología .....	8
1.3.2 Administración del proyecto de investigación.....	11
1.3.3 Cronograma de trabajo .....	15
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo General .....	16
1.4.2 Objetivos específicos .....	16
1.5 Justificación. ....	16
1.6. Tipo de Investigación.....	17
1.7. Hipótesis.....	17
1.8. Variables.....	17
1.8.2. Operacionalización de Variables .....	18
1.9. Diseño de la Investigación.....	18
CAPITULO 2 .....	19

REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	20
2.1.1 Internacional.....	20
2.1.2 Nacional .....	20
2.1.3 Local .....	21
2.2 Base Teórica.....	22
2.3 Definición de Términos .....	66
CAPITULO 3 .....	69
DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	69
3.1 Datos generales de la empresa .....	70
3.1.1 Misión.....	70
3.1.2 Visión .....	70
3.1.3 Historia.....	70
3.1.4 Organigrama de la empresa .....	71
3.1.5 Competidores.....	71
3.1.6 Proveedores.....	71
3.1.7 Clientes .....	72
3.1.8 Lista de materiales .....	72
3.1.9 Lista de productos.....	74
3.2 Resumen de producción del año 2017 .....	74
3.2.1. Descripción del área objetivo del análisis .....	80
3.3 Identificación de la causas raíces.....	81
3.3.1 Descripción de las causas raíces.....	84
3.3.2 Priorización de la causas raíces elegidas .....	85
3.3.3 Detalle cuantificado de la causas raíces elegidas.....	86
3.3.4 Matriz de programación de la causas raíces elegidas .....	90
CAPITULO 4 .....	91
SÓLUCIÓN PROPUESTA .....	91
APLICACIÓN METODOLOGÍA SIX SIGMA .....	92
4.1 Fase definir.....	92
4.1.1 Costo de mala calidad orientada a la empresa .....	92
4.1.2 Descripción de los problemas (Variable Y “efectos o problemas”)..	93
4.1.3 Matriz QFD (Quality Funtion Deployment) .....	94

4.1.4 Cuadro de proceso de alto impacto a estudiar.....	95
4.1.5 Diagramas de proceso detallado.....	95
4.1.6 Cuadro del proyecto Six Sigma.....	99
4.1.7 Designación del equipo Six Sigma.....	99
4.2 Fase Medir.....	100
4.2.1 Identificación de las causas raíces.....	100
4.2.2 Análisis de sistema de medición.....	101
4.2.3 Validación del sistema de validación.....	103
4.2.4 Cartas de control.....	107
4.2.5 Capacidad y desempeño del proceso.....	110
4.3 Fase Analizar.....	113
4.3.1 Análisis de causa raíces.....	113
4.3.2 Identificación de soluciones.....	114
4.4 Fase Mejorar.....	114
4.4.1 Análisis de las soluciones propuestas.....	115
4.5 Fase Controla.....	129
4.5.1 Programa de trabajo del proyecto Six Sigma.....	129
APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	131
4.6 Distribución de Planta.....	131
4.7 Celdas de Manufactura.....	133
4.8 Método Muther.....	137
CAPITULO 5.....	147
EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA.....	147
5.1 Evaluación económica y resultados esperados.....	148
CAPITULO 6.....	151
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	151
6.1 Resultados y discusión.....	152
CAPÍTULO 7.....	156
CONCLUSIONES y RECOMENDACION.....	156
7.1 Conclusiones.....	157
7.2 Recomendaciones.....	158
BIBLIOGRAFÍA.....	159
ANEXOS.....	162

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Cronograma de trabajo .....	15
Figura N°2: Ciclo PDCA .....	27
Figura N°3: Operacionalización del DMAIC .....	27
Figura N°4: Diagrama SIPOC.....	32
Figura N°5: Tres pasos para determinar el CTQ del cliente.....	33
Figura N°6: Ejemplo de una Hoja de verificación .....	39
Figura N°7: Ejemplo de Histograma .....	39
Figura N°8: Ejemplo diagrama Pareto.....	40
Figura N°9: Ejemplo de un diagrama de dispersión .....	41
Figura N°10: Clasificación del grado de correlación.....	41
Figura N°11: Ejemplo de Grafico de control .....	42
Figura N°12: Ejemplo de R&R aplicado mediante Minitab .....	43
Figura N°13: Cuadro de valor Cp .....	44
Figura N°14: Práctica de cálculos matemáticos para desarrollar estándares de tiempo .....	46
Figura N°15: Ejemplo de estudio de tiempos: forma continua.....	50
Figura N°16: Distribución de un taller de trabajo .....	53
Figura N°17: Distribución de un taller de trabajo .....	53
Figura N°18: Flujos complicados en un taller de producción intermitente sin células GT .....	56
Figura N°19: Flujos complicados en un taller de producción intermitente sin células GT .....	56
Figura N°20: Diagrama de relación de actividades. ....	59
Figura N°21: Hoja de trabajo de relaciones de actividades.....	61
Figura N°22: Diagrama de Precedencia.....	63
Figura N°23: Ishikawa área de producción.....	81
Figura N°24: Ishikawa área de calidad.....	82
Figura N°25: Ishikawa integrado .....	83
Figura N°26: Matriz QFD .....	94
Figura N°27: Mapa de procesos nivel 1 .....	96
Figura N°28: Mapa de procesos nivel 2 .....	96

Figura N°29: SIPOC del proceso de instalación de gas refrigerante.....	97
Figura N°30: SIPOC del proceso de instalación de tubería de condensación.....	97
Figura N°31: SIPOC del proceso de instalación de marcar y cortar planchas .....	98
Figura N°32: Informe de R&R.....	103
Figura N°33: Informe porcentual de R&R.....	104
Figura N°34: Informe de R&R.....	105
Figura N°35: Informe porcentual de R&R.....	105
Figura N°36: Informe de R&R.....	106
Figura N°37: Informe porcentual de R&R.....	107
Figura N°38: Capacidad del proceso de cortar y marcar estructura interna .....	111
Figura N°39: Capacidad del proceso de inyección de gas refrigerante.....	111
Figura N°40: Capacidad del proceso de instalación de tubería de condensación	112
Figura N°41: Programa del proyecto six sigma (Hoja de tareas).....	129
Figura N°42: Programa del proyecto six sigma (Gantt de seguimiento).....	130
Figura N°43: Layout propuesto por método Muther .....	140
Figura 44: Layout Línea de una Exhibidora de Acero Brillante.....	143
Figura N°45: Layout plasmado a través de método Muther .....	144
Figura N°46: Layout óptimo.....	145

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Sueldo de los trabajadores en el año 2017 .....	5
Cuadro N°2: Costo por inadecuada distribución de planta .....	6
Cuadro N°3: Número de quejas del año 2017 .....	7
Cuadro N°4: Técnicas de obtención de datos .....	9
Cuadro N°5: Procedimiento del proyecto de Tesis .....	10
Cuadro N°6: Presupuesto del proyecto de tesis .....	12
Cuadro N°7: Operacionalización de Variables .....	18
Cuadro N°8: Principales fuentes de variación y desperdicio .....	25
Cuadro N°9: Calidad Tradicional vs Six sigma .....	26
Cuadro N°10: Formato tabla de la voz del cliente .....	31
Cuadro N°11: Diagrama de Precedencia .....	63
Cuadro N°12: Nivel de Producción del año 2017 .....	75
Cuadro N°13: Pareto del Nivel de Producción según la clase de producto del año 2017 .....	75
Cuadro N°14: Pareto del Nivel de Ingreso según sus productos bandera del año 2017 .....	76
Cuadro N° 15: Tabla de Valorización .....	85
Cuadro N°16: Pareto de valoración de las causas raíces .....	85
Cuadro N°17: Cuadro Informativo de productos no conformes fuera y dentro de la empresa en el año 2017 .....	87
Cuadro N°18: Cuadro de costeo por cada producto no conforme dentro y fuera de la empresa en el año 2017 .....	88
Cuadro N°19: Cuadro de costeo por la cantidad de recorridos por la mala distribución de planta en el año 2017 .....	89
Cuadro N°20: Matriz de programación de la causas raíces elegidas .....	90
Cuadro N°21: Pareto costo total de fallas por clase de producto .....	92
Cuadro N°22: Cuadro de proceso de alto impacto .....	95
Cuadro N°23: Cuadro del proyecto .....	99
Cuadro N°24: Equipo Six sigma .....	99
Cuadro N°25: Causas Raíces .....	100
Cuadro N°26: Datos del proceso de inyección de gas refrigerante .....	101

Cuadro N°27: Datos del proceso de instalación de tubería de condensación.....	102
Cuadro N°28: Datos del proceso de marcar y cortar estructura interna.....	102
Cuadro N°29: Muestras del proceso de inyección de gas refrigerante.....	103
Cuadro N°30: Muestras del proceso de instalación de tubería de condensación	104
Cuadro N°31: Muestras del proceso de marcar y cortar estructura interna.....	105
Cuadro N°32: índice de evaluación de CP .....	110
Cuadro N°33: Cuadro de mando integral de semáforo .....	114
Cuadro N°34: Formato hoja de registro de falla fuera de la empresa en la oficina .....	116
Cuadro N°35: Formato hoja de registro de falla fuera de la empresa en el campo .....	116
Cuadro N°36: Formato hoja de procedimiento operacional.....	117
Cuadro N°37: Formato hoja de verificación para el proceso .....	118
Cuadro N°38: Comparación máquina vieja vs máquina nueva .....	122
Cuadro N°39: Evaluación de la viabilidad económica .....	123
Cuadro N°40: Valor del equipo en el tiempo .....	123
Cuadro N°41: Costo de mantenimiento.....	123
Cuadro N°42: Formato hoja de especificaciones y características de diseño de un clase producto.....	125
Cuadro N°43: Formato hoja de verificación del producto .....	128
Cuadro N°44: % participación por producto .....	132
Cuadro N°45: % participación por producto acumulado.....	132
Cuadro N°46: Matriz de incidencia .....	133
Cuadro N°47: Iteración 1 .....	135
Cuadro N°48: Iteración 2, ordenamiento creciente horizontal .....	136
Cuadro N°49: Iteración 3, ordenamiento creciente vertical .....	137
Cuadro N°50: Método Muther, porcentaje de participación de conservadora y pastelera .....	138
Cuadro N°51: Método Muther, porcentaje de participación de cámaras frigoríficas .....	139
Cuadro N°52: Método Muther, porcentaje acumulado de los procesos .....	140
Cuadro N°53: Descripción de las áreas de trabajo.....	142
Cuadro N°54: Ahorro de costo por distribución de planta optimizado .....	146

Cuadro N°55: Cuadro de la inversión.....	148
Cuadro N°56: Pronóstico de la demanda .....	149
Cuadro N°57: Evaluación económica general .....	150

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen N°1: Organigrama de la Empresa Consorcio D&E S.A.C.....	71
Imagen N°2: Balanza electrónica RCS-7010.....	121
Imagen N°3: Características de balanza electrónica.....	121
Imagen N°4: Grupo de llenado automático CALEFFI - Tipo 553 MF1/2" con manómetro	121
Imagen N°5: Ejemplos del uso de Autodesk inventor.....	127

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Nivel de Calidad según el nivel Sigma .....	24
--	----

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Nivel de Producción del año 2017 .....	74
Gráfico N°2: Pareto Producción del año 2017 .....	75
Gráfico N°3: Pareto del Nivel de Producción según la clase de producto del año 2017 ....	76
Gráfico N°4: Pareto del Nivel de Ingreso según sus productos bandera del año 2017 .....	76
Gráfico N°5: Demanda de Conservadoras en el año 2017 .....	77
Gráfico N°6: Demanda de Cámaras Frigoríficas en el año 2017 .....	77
Gráfico N°7: Demanda de Heladeras en el año 2017 .....	77
Gráfico N°8: Demanda de Pasteleras en el año 2017 .....	78
Gráfico N°9: Demanda de Vitrinas en el año 2017 .....	78
Gráfico N°10: Demanda de Mural Frigorífico en el año 2017 .....	78
Gráfico N°11: Demanda de Visicoolers en el año 2017 .....	79
Gráfico N°12: Demanda de las Congeladoras en el año 2017 .....	79
Gráfico N°13: Demanda de Mesas de Refrigeración en el año 2017 .....	79
Gráfico N°14: Demanda de Fruterías en el año 2017 .....	80
Gráfico N°15: Pareto de valoración de las causas raíces .....	86
Gráfico N°16: Costo total de fallas por clase de producto .....	92
Gráfico N°17: Rangos individuales según el área .....	107
Gráfico N°18: Rangos móviles según el área .....	108
Gráfico N°19: Rangos individuales según la cantidad de gramos .....	108
Gráfico N°20: Rangos móviles según la cantidad de gramos .....	108
Gráfico N°21: Rangos individuales según la posición .....	109
Gráfico N°22: Rangos móviles según la posición .....	109
Gráfico N°23: Comparación máquina vieja vs máquina nueva .....	122
Gráfico N°24: Distribución de planta según su participación .....	133

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis se ha elaborado en la empresa del sector de refrigeración CONSORCIO D&E S.A.C; dado que en esta se identificó una serie de problemáticas entre sus principales tenemos: Una inadecuada distribución de planta ocasionando demoras en la producción, costos de oportunidad y a la vez costos incensarios de recorrido.

Presencia de costo de calidad por registro de productos no conformes dentro de la empresa, como también costos de no calidad demostrado por una serie de ocurrencias de reclamos por los clientes por desperfectos en la estructura o funcionamiento del producto comprado. Esto ocasiona además de costos una disminución del nivel competitivo de la empresa frente a sus competidores.

Para dar solución a estos problemas se ha planteado mejorar en las áreas de producción y calidad a través de una propuesta de mejora.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación sobre la propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción para reducir los costos de la empresa de refrigeración CONSORCION D&E S.A.C. - Trujillo, se describe en los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de investigación, mediante la realidad problemática describiendo los puntos de impacto en la empresa Consorcio D&E S.A.C; la mala distribución de planta y los costos de calidad por producto no conforme dentro y fuera de la empresa, además se trazan los objetivos para la solución de nuestro problema de investigación.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación siendo el punto focal la metodología DMAIC, celdas de manufactura y el método Muther.

En el Capítulo III, se hace un diagnostico general de la empresa para tener una idea más profunda del rubro de refrigeración industrial en el cual se desenvuelve, sus procesos, clientes, proveedores, clase de productos, materiales, etc. En esta parte también se hace un análisis del problema con herramientas como Ishikawa para encontrar las causas raíces que lo origina y a la vez cuantificarlas. Se emplea el diagrama de Pareto para determinar el nivel de impacto de las causas raíces en la empresa y diagramas de barras para visualizar resultados como el nivel de producción del año 2017 y los niveles de demanda de cada producto.

En el Capítulo IV, se describe la solución propuesta haciendo énfasis en los problemas de distribución de planta y falta de usos de herramientas de calidad; y los altos costos que generan para la empresa.

En el Capítulo V, se describe la evaluación económica y financiera a través de las herramientas VAN, TIR y B/C verificado así la viabilidad de la propuesta de solución.

En el Capítulo VI, se describe los resultados encontrados al final del estudio de investigación.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

# **CAPITULO 1**

## **GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION**

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1.1 Realidad problemática

En la última década la evolución de las industrias de refrigeración en Latinoamérica ha sido favorable siendo el avance tecnológico el medio más relevante, además, de la responsabilidad medioambiental y la eficiencia energética.

De acuerdo al ingeniero Gildardo Yáñez, gerente técnico y TI en Grupo Refrigerantes de México; destacó el acertado paso que se está dando hacia la eficiencia energética y el medio ambiente.

Mediante el uso de gases refrigerantes que no afectan a la capa de ozono, el uso de los sistemas de Volumen Refrigerante Variable dentro de los edificios amigables con el medio ambiente o de alto desempeño y el mejoramiento de su proceso productivo por medio de la automatización, herramientas de ingeniería y el uso de metodologías de calidad. [URL N°1].

Por tal evolución, el mercado perteneciente a la industria de refrigeración actualmente reporta un aumento creciente en su demanda, un claro ejemplo.

Es el país de Costa Rica, de acuerdo al diario EL FINANCIERO en el año 2015 las empresas dedicadas al alquiler e instalación de sistemas de refrigeración están pasando un buen momento. Frionet, Codiproal, Refritec, Leaho y la Red Frigorífica Nacional del Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (Cenada), son corporaciones que han tenido buenos resultados en este mercado. Debido a los principales sectores que generan una gran demanda de este servicio y son la industria alimentaria, la hotelería, las cadenas de supermercados, restaurantes, exportadores e importadores de materia prima y la industria farmacéutica.[URL N°2]

En el Perú la demanda de sistemas de refrigeración mantiene una tendencia positiva, que proyecta crecer más de 4%, por ello en el año 2016 alcanzara US\$ 32 millones en ventas, en comparación de los US\$ 29 millones de ventas durante el año 2012. Así lo señaló Jorge García Gonzales; docente de la carrera de Ingeniería Industrial de la universidad Privado del Norte.

Además; de acuerdo al diario GESTIÓN en su reseña titulada “Equipos que garantiza calidad en los sistemas de refrigeración” nos dice que en el Perú las empresas agroindustriales e industrias alimentarias; debido a su creciente desarrollo en los últimos 20 años requieren de equipos de refrigeración de almacenamiento y transporte que garantice la conservación de la frescura de los alimentos hasta llegar al consumidor final.

Otro factor importante es el cambio en la costumbre del consumo de alimentos; exigiendo así a las empresas entregar productos más frescos denotando principalmente su calidad para los clientes. Entre los equipos más solicitados por las empresas según su costo, rango y requisitos tenemos las cámaras frigoríficas que

permite mantener temperaturas de 0°C, -20°C y -30°C; cámaras de conservación y hidrocólers.

La empresa CONSORCIO D&E S.A.C. con más de 32 años de existencia, posee una amplia cartera de clientes, con su marca más representativa FRIONORT la cual se dedica a la fabricación de conservadoras exhibidoras, visicoolers, heladeras, cámaras frigoríficas, congeladoras, cocinas industriales, planchas freidoras, horno pastelero, extractores y ductos, góndolas, entre otros.

Con estos productos bandera atiende a restaurantes, hoteles, comedores, centros comerciales, supermercados, jugueterías.

No obstante, la empresa no cumple con los requerimientos básicos en cuanto a Herramientas Aplicadas al Proceso de Producción y Control de Calidad.

En la parte de producción las condiciones del ambiente del área presentan una línea de producción no ordenada, lo que ocasiona desorden y demora en la elaboración de las conservadoras exhibidoras, visicoolers, heladeras.

El diseño actual presenta una inadecuada distribución de las maquinarias, generando demoras innecesarias en el proceso productivo.

Como todo cuello de botella presente en una empresa esta conlleva a costos, por lo tal en los cuadros N°1 y N°2 veremos los costos por recorridos innecesarios causados por una inadecuada distribución de planta en la empresa.

Cuadro N°1: Sueldo de los trabajadores en el año 2017

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	S. TOTALES	SUELDO/HORA
1	AGUILAR TOLENTINO PEDRO	S/. 2,129	S/. 8
2	ROBLES VEGA MAXIMIANO	S/. 1,863	S/. 7
3	PERALTA ALVARADO MOISES	S/. 2,560	S/. 9
4	ROBLES MORENO JHONNY	S/. 1,783	S/. 7
5	MORILLO ZAVALA IVAN	S/. 1,775	S/. 7
6	VILLACORTA GONZALES GERSON	S/. 2,206	S/. 8
7	CULQUITANTE VALDERRAMA ANDY	S/. 1,775	S/. 7
8	GUTIERREZ QUEZADA FRANCISCO	S/. 4,558	S/. 17
9	OLORTIGA VARGAS SEGUNDO G.	S/. 3,230	S/. 12
10	COTRINA ARMANDO	S/. 2,780	S/. 10
11	BRACAMONTE GUILLERMO	S/. 1,918	S/. 7
12	POOL	S/. 968	S/. 4
<b>COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA POR HORA</b>			S/. 8.50

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N°2: Costo por inadecuada distribución de planta**

Proceso	Tiempo de rec. en horas	Tiempo en hrs. * (# de veces de rec. * trabajador)	Costo de recorrido anual	Tiempo Total de recorrido anual
1. Ingreso de carga t descarga de MP y PT	0.50000	2.000	161.11	24
2. Almacén de planchas LAC y LAF, águilos, platinas, etc.	0.00833	0.417	988.17	150
3. Almacén de plancha de acero brillante y tecnopol	0.03333	10.000	884.46	120
4. Área de soldadura y pintado de base, ensamble de ruedas	0.00694	0.069	172.47	25
5. Área de corte manual de plancha de acero inox	0.00500	0.400	1449.39	144
6. Área de doblado	0.00278	0.222	568.36	80
7. Corte y ensamble de evaporadores	0.00833	0.167	394.34	60
8. Área de refrigeración	0.00833	0.250	1519.20	90
9. Área de corte de vidrio y pulido de vidrio	0.01111	0.333	946.18	120
10. Ensamble de estructuras y refrigeración	0.00833	1.250	4192.02	450
11. Área de prueba, instalación eléctrica e inspección	0.00556	0.778	2865.13	280
12. Área de embalado	0.00556	0.022	52.83	8
13. Almacén PT	0.00833	0.033	79.24	12
		Total	S/. 14,272.88	1563.00

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al estudio preliminar, los resultados abordados podemos observar que la empresa está incurriendo a sobre costos incensarios causadas por el problema de la inadecuada distribución de planta. Con un monto estimado anual de S/. 14,272.88 anual; siendo el mayor tiempo de recorrido en el área de ensamble de estructuras y refrigeración con un valor de 450 horas al año.

Además en la parte de control de calidad del producto se presenta una serie de defectos en su ciclo productivo generando una cierta cantidad de no conformidades, incurriendo en costos de calidad, fallas internas por ensambles mal efectuados, etc. Adicionalmente, se agregan los costos de no calidad por la atención de fallos externos reportados a través de quejas de los clientes, los que deben ser atendidos. En el (cuadro N°3) se observa el número de incidencias por quejas durante el año 2017, generando un costo anual de S/. 7,628.22 soles.

Cuadro N°3: Número de quejas del año 2017

N°	Código	Resumen del Incidente	Que fallo	costos
1	84	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador	S/. 98
2	89	Excesivo calentamiento de la maquina	Aislamiento	S/. 134
3	100	Excesivo congelamiento y fallo en la calibración	Sobrecarga de gas	S/. 52
4	no código	Descalibración de control digital	El control digital	S/. 352
5	109	Quema de motor compresor	Motor compresor 1/2 HP	S/. 1,244
6	121	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 98
7	123	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 98
8	126	Excesivo calentamiento de la maquina	Aislamiento	S/. 124
9	135	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 98
10	133	No congelaba	falta de gas	S/. 139
11	137	Fuga de gas	Dejar abierta una valvula mal soldado de evaporadores	S/. 87
12	139	falta de un recibidor de liquidos	fallo de sistema de refri.	S/. 232
13	144	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Aislamiento	S/. 98
14	147	Fallas estecticas por imperfectos	Armason con rayones	S/. 753
15	157	Poco frío	Ventiladores	S/. 116
16	160	Poco frío	Ventiladores	S/. 116
17	162	Poco frío	Ventiladores	S/. 116
18	165	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 77
19	166	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 77
20	167	Poco frío	Ventiladores	S/. 98
21	168	Poco frío	Ventiladores	S/. 98
22	175	Avertura de laterales MDF	laterales MDF	S/. 349
23	177	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador	S/. 98
24	178	Poco frío	Ventiladores	S/. 77
25	183	Poco frío	Ventiladores	S/. 77
26	184	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador	S/. 98
27	187	Defectos en la presentación	mal uso del cliente	S/. 66
28	218	Humedimiento excesivo en los vidrios de la heladera, reproceso	falta de resistencia	S/. 545
29	203	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador	S/. 98
30	209	Quema de motor compresor	compresor danfoss 5/8 hp	S/. 1,394
31	216	Poco frío	Ventiladores	S/. 158
<b>Total</b>				<b>S/. 7,268</b>

Fuente: Elaboración Propia

Estos reclamos reflejan la falta de uso de herramientas de calidad; generando que nuestra rentabilidad disminuya y nuestra competitividad recaiga dando ventaja a nuestros competidores como IND.FRIOSUR S.R.L. principal competidor, que actualmente cuenta con la norma ISO: 9001:2008 y se encuentra en proceso de adecuación de la norma ISO 9001:2015.

Por este motivo, en este proyecto de investigación y con el fin de solucionar de manera eficiente estos problemas, se sugiere una propuesta de mejora en las áreas de producción y control de calidad a través de la metodología Six sigma e Ingeniería de Métodos para reducir los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

## 1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera una propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción, influye en los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.?

## 1.3 Delimitación de la investigación:

### 1.3.1 Metodología

- **Fuente de Información:**

Entrevista con los jefes de cada área y con los trabajadores con más tiempo laborando en la empresa.

Consultas al asesor de tesis y profesores externos.

Consulta de tesis relacionados a nuestro proyecto de investigación

Consulta de libros relacionados a six sigma

Consulta de material virtual en relación a herramientas de calidad y producción

Consulta con profesores que dictan los cursos de ingeniería de métodos y control estadística de la calidad perteneciente a la Universidad Privada de Norte

- **Sujetos:**

**Población**

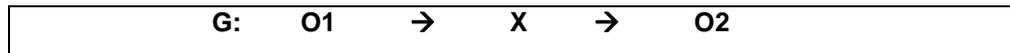
La empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

**Muestra**

No hay muestra. Se trabajará con el 100% de la población de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

- **Método:**

**Diseño General**



**Dónde:**

**G:** Lo conforma la empresa en que recae el estudio del proyecto la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

**O1:** Es la variable dependiente costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C. antes de la aplicación del estímulo X (variable independiente).

**X:** Es la variable independiente que produce el estímulo propuesta de mejora en las área de calidad y producción.

**O2:** Es la variable dependiente costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C. después de la aplicación del estímulo X (variable independiente).

- **Técnicas:**

**Técnicas de obtención de datos**

Para obtener datos en la parte cuantitativa como cualitativa nos utilizamos las siguientes técnicas (Cuadro N°4).

Cuadro N°4: Técnicas de obtención de datos

T. Cuantitativas	T. Cualitativas
Observación	Observación
Entrevista	Entrevista grupales
Encuesta	Análisis de documentos
	Grupo nominal

Fuente: Elaboración Propia

**Técnicas de análisis e interpretación de los datos**

- Cuadros Estadísticos
- Diagramas
- Análisis de documentos, fichas y reportes

- **Instrumentos:**

Encuestas

- **Procedimientos**

Cuadro N°5: Procedimiento del proyecto de Tesis

FASE DE ESTUDIO	FUENTE DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS		RESULTADOS ESPERADOS	
		RECOPIACIÓN DE DATOS	PROCESAMIENTO DE DATOS		
1	Estudio de la realidad actual de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C	-Todas las áreas que conforman la empresa -Personal de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.	-Entrevista -Encuesta -Análisis de documentos -Observación	-Análisis de la información obtenida de las entrevistas con los empleados y jefes de cada área -Observación de la empresa en diversos horarios.	-Diagnóstico actual de la empresa -Nivel de satisfacción de los clientes -Presencia de problemas en el área de producción y control de calidad
2	Evaluación de la herramientas de ingeniería	-Material virtual -libros	-Consulta y entrevistas con profesores especializados en la áreas que nuestro proyecto se enfoca	Análisis de la información obtenida de las entrevistas con profesores y material obtenido de libros y de la web	-Determinar las herramientas de ingeniería necesarias para solucionar nuestra problemática
3	Realización de la propuesta de mejora a través de las herramientas de ingeniería integradas en la metodología Six sigma e Ingeniería de Métodos. El área de control de calidad y producción respectivamente.	Área de producción y control de calidad	-Cuadros estadísticos -Histogramas -Indicadores de calidad y producción de la empresa -Gráficos de control -Six sigma -Diagrama de operaciones -Diagrama Gantt	-Análisis de los resultados obtenidos de los cuadros estadísticos e indicadores.	-Mejoramiento del área de producción y control de calidad. -Disminución de tiempos muertos -Correcta distribución de planta -Incremento del nivel de satisfacción de los clientes
4	Análisis y evaluación de la viabilidad económica financiera del proyecto.	Libros de economía y finanzas	-Determinación de ahorros e inversión incurridos en el proyecto	Análisis de la viabilidad a través del VAN, TIR y B/C	-Se espera resultados de un van mayor a 2500 soles y un TIR aproximado a 20% como un B/C de 1.2

Fuente: Elaboración Propia

- **Limitaciones:**

Disponibilidad de la información de la empresa CONSORCIO D&amp;E S.A.C

### 1.3.2 Administración del proyecto de investigación

- **Recursos Humanos:**

  - **Responsable del proyecto**

    - Elber Idrogo Infante

    - Alejandro Nomura Shiozawa

- **Coordinación/ Asesor**

  - Jorge García Gonzales

- **Bienes**

  - **Equipos**

    - 01 laptop
    - 01 Impresora
    - 01 Escritorio
    - 01 USB 4 Gb
    - 01 Cronómetro
    - 01 Cámara
    - 02 Sillas

  - **Materiales**

    - Papel bond A4
    - Lapiceros(azul, rojo, negro)
    - Corrector
    - Perforador
    - Engrapador
    - Lápiz
    - Borrador
    - Cuaderno de 100 hojas
    - Reglas
    - Folders

  - **Servicios**

    - Fotocopias
    - Comunicación
    - Impresiones
    - Internet
    - Transporte

- **Financiamiento y presupuesto**

  - El proyecto es financiado por los alumnos, detallado a continuación

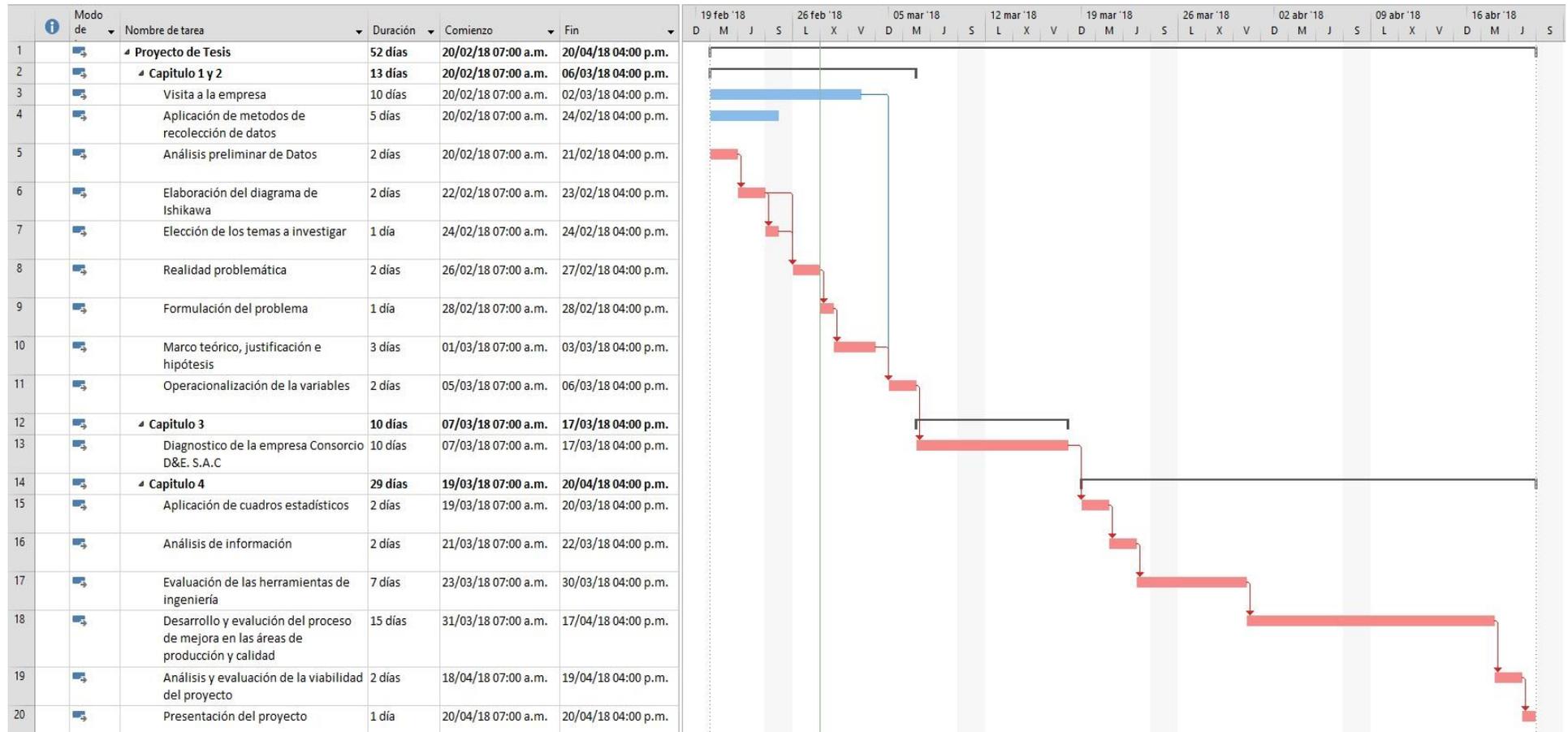
Cuadro N°6: Presupuesto del proyecto de tesis

N°	RECURSOS	CANTIDADES	COSTOS(S/. )	
1	EQUIPOS	Laptop	1	1500
		Impresora	1	150
		Escritorio	1	200
		USB 4 Gb	1	60
		Cronómetro	1	20
		Cámara	1	50
		Sillas	1	60
2	MATERIALES	Papel bond A4	1000	15
		Lapiceros	3	3
		Corrector	1	1
		Perforador	1	10
		Engrapador	1	10
		Lápiz	1	0.5
		Borrador	1	0.5
		Cuaderno de 100 hojas	1	8
		Reglas	1	5
		Folders	10	10
3	SERVICIOS	Fotocopias(01= S/.0.05)	600	30
		Comunicación (01= S/.60/mes)	5	300
		Impresiones (01= S/.0.10)		
		Internet M (S/. 40/mes)	400	40
		Transporte (privado = 20 y público= 30)	5 50	200 130
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 2803.00</b>	

Fuente: Elaboración Propia

### 1.3.3 Cronograma de trabajo

Figura N°1: Cronograma de trabajo



Fuente: Elaboración Propi

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

- Realizar una propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción para reducir los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa para hallar los puntos más débiles que posee.
- Realizar la propuesta de mejora a través de la metodología Six sigma
- Realizar la propuesta de mejora a través de la metodología de Ingeniería de Métodos
- Evaluar el impacto económico financiero resultante de la mejora en las áreas de producción y de calidad en la empresa.

## 1.5 Justificación.

- Justificación Práctica:  
La investigación acerca del mejoramiento del área de producción y control de calidad a través de la metodología Six sigma e Ingeniería de Métodos nos permitirá determinar cuál es la influencia de esta medida en los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C. y además la información resultante del proyecto servirá de guía para otras empresas del mismo rubro o similar.
- Relevancia social:  
En nuestro estudio los resultados obtenidos beneficiarán a los socios y accionista de la empresa de modo que permitirá ver como los costos podría ser afectada de manera positiva reduciéndolos gracias al mejoramiento del área de producción y de calidad.
- Conveniencia en cuanto al propósito académico:  
Los motivos que nos llevaron a realizar este proyecto de investigación en cuanto al propósito académico, es demostrar que las herramientas y metodologías de ingeniería aplicadas en este proyecto, además de las fuente teórica consultadas sirven para solucionar estos tipos de problemas presentes en la entorno real de las empresas.

## 1.6. Tipo de Investigación

En el proyecto de tesis se aplica la Investigación Aplicada, debido a en este tipo de investigación se busca encontrar las causa del problema como la posible solución a esto.

## 1.7. Hipótesis

La propuesta de mejora en las área de calidad y producción reduce los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.

## 1.8. Variables

### 1.8.1. Sistema de variables

- **Variable Independiente**  
Propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción
- **Variable Dependiente:**  
Costos de la empresa Consorcio D&E S.A.C

### 1.8.2. Operacionalización de Variables

Cuadro N°7: Operacionalización de Variables

			Indicadores	
Problema	Hipótesis	Variables	Título	Fórmula
¿De qué manera una propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción, influye en los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.?	La propuesta de mejora en las área de calidad y producción reduce los costos de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.	VI: Propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción	Nivel de insatisfacción de clientes (%NSC)	$\%NSC = \frac{\text{Cantidad de Clientes con Reclamos}}{\text{Total de Clientes}} * 100 (\%)$
			Producto no conforme(%PNC)	$\%PNC = \frac{\text{Cantidad de PNC}}{\text{Producción Total}} * 100 (\%)$
			Margen porcentual entre gasto por fallo de producto entre el costo de producción (%MGP)	$\%MGP = \frac{\text{Gasto por Fallo por Producto}}{\text{Costo de Producción}} * 100 (\%)$
			% de tiempos muertos	$\%TM = \frac{\text{Tiempo Muerto}}{\text{Tiempo Total de Producción}} * 100 (\%)$
			% Tiempo de recorrido anual por la mala distribución de planta	$\%PR = \frac{\text{Tiempo de Estándar Recorrido Anual}}{\text{Tiempo de Producción Anual}} * 100 (\%)$
			Productividad	$PRD = \frac{\text{Cantidad de Unid. Producidas}}{\text{Horas Hombre Utilizada}} \left(\frac{und}{hora}\right)$
		VD: Costos de la empresa	% de variación de costos de PNC	$\%MB = \left  \frac{\text{Costo PNC esperado} - \text{Costo PNC actual}}{\text{Costo PNC actual}} \right  * 100 (\%)$
			% de variación de costo de recorrido	$\%Vmb = \left  \frac{\text{Costo de recor. esperado} - \text{costo de recor. actual}}{\text{costo de recor. actual}} \right  * 100(\%)$

Fuente: Elaboración Propia

### 1.9. Diseño de la Investigación

De acuerdo al diseño nuestra investigación es de carácter Pre-experimental

# **CAPITULO 2**

# **REVISIÓN DE**

# **LITERATURA**

---

## 2.1 Antecedentes de la Investigación

### 2.1.1 Internacional

**Mejoramiento de la productividad en la empresa Induacero CIA LTDA en base al desarrollo e implementación de la metodología 5S y VSM, herramientas de lean manufacturing** de Concha Guaila, Jimmy Gilberto y Barahona Defaz, Byron Iván elaborado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el año 2013 para obtener el título de Ingeniero Industrial. [TESIS 01]

El trabajo tiene como objetivo reducir actividades y tiempos muertos que no agregan valor y así adaptarse a las exigencias del mercado. La implementación de esta metodología logró incrementar la eficiencia en una 15% en las actividades de producción de planta, un aprovechamiento del espacio físico de 91.7 m<sup>2</sup>, un incremento en las utilidades del 8.37%, generando beneficios.

**Transferencia de la línea de Fuel Caps** de Sánchez Ledezma, Blanca Olivia elaborado en la universidad Tecnológica de Querétaro en el año 2011 para obtener el título en Ingeniería en Procesos y Operaciones Industriales. [TESIS 02]

El objetivo de este proyecto es el arranque de una nueva línea de producción con toda la documentación que requiere como son las instrucciones de trabajo, hoja de proceso. Por consiguiente la línea de ensamble de Fuel Caps se encuentra en las óptimas condiciones para iniciar actividades en la producción, ya que se cumplió con uno de los objetivos que era cumplir al 100% las hojas de procesos e instrucciones de trabajo, según los datos arrojados de acuerdo al estudio del análisis de balanceo de línea, se comprobó que se podrá cumplir con el programa de producción al 100%.

### 2.1.2 Nacional

**Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma** de Barahona Castillo, Leandro y Navarro Infante, Jessica elaborado en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2013 para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. [TESIS 03]

El presente estudio plantea reducir el consumo de zinc aplicando como herramienta de mejora la metodología Lean Six Sigma. En un primer grupo se desarrolló el planteamiento de la mejora propuesta por cada herramienta analizada en la fase anterior y su beneficio y el segundo grupo se desarrolla en el diseño de experimentos para las dos variables que influyen en el problema principal, y de esa manera se obtiene una longitud de inmersión en la tina de zinc de 2.4 m. y una velocidad de recorrido de 76 m/min., que optimiza el valor de la capa de zinc a 274.7 g/m<sup>2</sup>. Con las mejoras de Six Sigma se logró disminuir la capa de zinc de 330 g/m<sup>2</sup> a 274.7 g/m<sup>2</sup>.

**Diseño de distribución en planta de una empresa textil** de Muñoz Cabanillas, Martín elaborado en la Universidad Mayor de San Marcos en el año 2004 para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial. [TESIS 04]

El presente informe tiene como objeto el proceso de diseño de plantas para reducción de costos e incremento de la productividad. Así mismo se estableció que la distribución de planta es la integración de toda la maquinaria, materiales, recursos e instalaciones de la empresa, en una gran unidad operativa; que trabaja conjuntamente con efectividad, minimizando los costos de producción y elevando al máximo la productividad.

**Análisis y mejora de procesos y distribución de planta en una empresa que brinda el servicio de revisiones técnicas vehiculares** de Fuertes Vara, Wilder Hugo elaborado en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2012 para obtener el título de Ingeniero Industrial. [TESIS 05]

El presente estudio desarrolla como objetivo principal presentar propuestas de mejora para afrontar cada una de las causas de demora el proceso de inspección. Así mismo se pudo ampliar la capacidad de atención y una rentabilidad de la distribución de la planta, con lo cual aumentó en un 12%. Además se logró una reducción de las estaciones de trabajo del 13% en la estación de inspección.

### 2.1.3 Local

**Propuesta de mejora en la línea de producción de carrocerías de madera para incrementar la productividad en la empresa Ballena S.A.C.** de Delgado Ríos, Paulo César y Escalante Valverde, Roy Stiven elaborado en la Universidad Privada del Norte en el año 2014 para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. [TESIS 01]

El presente estudio desarrolla la aplicación del estudio de tiempo, balance de línea. El procesamiento de información se tabularon las mediciones obtenidas mediante el método de tiempos determinadas, posteriormente, se obtuvo el tiempo estándar de producción y a partir de este se diseñó el nuevo método de producción el cual se verificó por medio de una simulación. Los resultados obtenidos se detallan a continuación: Se disminuye el tiempo de línea, esto lleva la eficiencia de la planta de un 69% a 90% según el muestreo, se eleva la productividad y se disminuyen los costos laborales. Los investigadores concluyen que: Se logró identificar y generar propuesto de mejora en la ejecución de las distintas tareas de cada estación de trabajo, se determinó el tiempo estándar de fabricación con las distintas propuestas de mejora. Este estudio es pertinente porque nos ayuda a tener una mejor visión acerca de la producción que es nuestra variable de estudio.

**Plan de mejora del sistema de producción basada en la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en una ensambladora de extractores de aire** de Aliaga Chávez, Gaudelia Edell elaborado en la Universidad Privada del Norte en el año 2015 para optar el título de Ingeniero Industrial. [TESIS 02]

Con el presente trabajo se han analizado todos los factores que influyen en la deficiencia de la productividad como un alto % de reprogramación de ensambles e inspección recurrente de la materia prima. Con el desarrollo de propuestas de mejora como el balance de línea, entre otras se determinó un incremento de la productividad de 12.199 a 21.544 ensambles por día. Además se redujo el % de ensambles reprogramados de 20% a 4.97%.

## 2.2 Base Teórica

### SIX SIGMA

#### Antecedentes:

Six sigma es una evolución de la teoría sobre calidad de más éxito desarrolladas después de la II guerra mundial. Especialmente pueden considerarse precursoras directas.

- TQM, Total Quality Management o Sistema de calidad Total
- SPC, Statistical Process Control o Control estadístico de Procesos
- Iniciando en Motorola en el año 1982 por el ingeniero Bill Smith, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, pero posteriormente mejorado y popularizado por General Electric,,

#### Definición Six sigma

Según Pande, Neuman y Cavanagh (2000, p.3) lo definen como: “Un sistema comprensible y flexible para alcanzar, sostener y maximizar el éxito en los negocios. Entendiendo la necesidades de los clientes, el uso disciplinado de los hechos, datos y análisis estadísticos, con una diligente atención hacia la administración, dirección y mejoramiento de los procesos”

El Six sigma en términos de negocios se puede definir como “Una estrategia de la mejora del negocio para su beneficio, a través de la eliminación del desperdicio, reducción de costos y mejoramiento en la eficacia y eficiencia de todas las operaciones para resolver a aun exceder las necesidades y las expectativas de los clientes”. (Banuelas y Antony, 2002, p.92).

Según Herrera y Fontalvo (2004, p.4) “Six sigma es una metodología de gestión de calidad combinando herramientas estadísticas cuyo propósito es la reducción de la variabilidad de los procesos mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda la necesidades de sus clientes”.

En resumen Six sigma es una metodología de calidad que utiliza herramientas para mejorar los procesos de producción en cadena. Reduciendo el número de unidades defectuosas y el tiempo del ciclo y con ello generando una mayor confianza por parte de los clientes.

Se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales

### **Niveles de Six Sigma**

- **Operacional**

Se utilizan herramientas estadísticas para elaborar la medición de variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos (el  $6\sigma$  tiene un rango de 3.4 defectos por cada millón).

- **Gerencial**

Analiza los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios.

### **Meta y medición del six sigma**

De acuerdo a su meta, Six Sigma ( $6\sigma$ ) es una meta de calidad en las empresas. Si una empresa llega a Tres Sigma ( $3\sigma$ ) sabe que tendrá 66800 defectos por millón de oportunidades (DPMO), pero si logra llegar a Seis Sigma ( $6\sigma$ ) solo tendrá 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), esto quiere decir que está cerca de lograr el Cero Defecto. La principal meta del Sistema de Calidad Seis Sigma ( $6\sigma$ ) es la de reducir defectos, errores, y fallas a un valor próximo de cero. Las siguientes metas se podrían decir que son las más anheladas por todas las empresas:

- Desarrolla el rango largo del plan de negocios para lograr la satisfacción total del cliente.
- Aumentar la participación en el mercado.
- Aumentar y mejorar el margen de ganancia.
- Desarrolla líderes en descubrir tecnologías y alargar las metas asociadas con los productos y servicios de costos más bajos y rápidos.
- Desarrolla una cultura de la clase mundial como ventaja competitiva.

De acuerdo a su medición Six Sigma ( $6\sigma$ ) se ha convertido en una medida para determinar el nivel de calidad, a mayor número de sigmas, mayor es el nivel de calidad y también será mayor los índices Cp y Cpk. En la siguiente tabla apreciaremos el nivel de calidad de acuerdo al nivel de sigma que posee.

Tabla N°1: Nivel de Calidad según el nivel Sigma

Nivel de calidad	DPMO	Nivel Sigma	Costo Calidad
30,9%	690000	1,0	NA
69,2%	308000	2,0	NA
93,3%	66800	3,0	25-40%
99,4%	6210	4,0	15-25%
99,98%	320	5,0	5-15%
99,9997%	3,4	6,0	< 1%

Fuente: Elaboración Propia

### Características de Six sigma

Entre los factores más importantes que caracterizan en la metodología Six sigma se encuentran:

- El cambio en una organización genera capacidades competitivas en cada uno de las personas pertenecientes a una organización , desarrollando con ello habilidades que se traducen en la profundización del conocimiento que se tenga del proceso
- La dirección de la organización es la encargada de motivar su implementación, establecer la estructura organizacional y el proceso de entrenamiento de cada uno de los grupos que se conformen.
- Todos los resultados obtenidos de la implementación del Six sigma debe traducirse en una lenguaje métrico, esto facilita el manejo y la comprensión de los procesos
- El método six sigma y su estructura DMAMC requiere de expertos que dominen áreas como Despliegue de función de calidad, Análisis de modo de falla, AMEF, Control de calidad SPC y Diseño experimental, DOE.
- Se considera en un proyecto de six sigma un duración de entre 4 a5 meses, si no se observa resultados entre este tiempo se considera al proyecto como fracaso.

### Fuentes principales de variación en los procesos

Teniendo en cuenta que el método six sigma busca reducir la variabilidad de los procesos de impacto en la organización. En el siguiente cuadro podremos apreciar las principales fuentes de variación en los procesos como las 8 principales fuentes de desperdicio (muda).

Cuadro N°8: Principales fuentes de variación y desperdicio

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Los 8 desperdicios (MUDA)</b>
Método de trabajo no estandarizado	Producir más de lo necesario
Sistema o métodos de medida imprecisos	Esperar para el siguiente proceso
Fallo de diseño del producto o del proceso	Transportar las “cosas” de un sitio a otro
Materiales, componentes y equipos inestables	Repetir tareas, hacer tareas no necesarias
Diferentes habilidades y comportamientos de personas	Almacenar cosas que no se van a utilizar inmediatamente
	Movimientos inútiles, excesivos e innecesarios
	Defectos, fallos, errores
	Recursos ociosos o infrautilizados

Fuente: Elaboración Propia

### Soporte del Six sigma

El soporte de six sigma es más que los puntos clave para logro un proyecto de six sigma sea exitoso en la organización y son los siguientes:

- Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes Externos e Internos
- Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (FMEA)
- Utilización del Diseño de Experimentos (DOE), para la identificación de variables críticas
- Hacer Benchmarking permanentemente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades

### Análisis de la Calidad Tradicional (TQM) vs Six sigma

La gestión de la calidad total (TQM por sus siglas en Inglés) como el Six Sigma son herramientas probadas en el tiempo para mejorar la calidad de los productos, así como de los servicios. Si bien existen numerosas similitudes entre ellos, las sutilezas dentro de estos sistemas son diferentes, el siguiente cuadro podremos apreciar más detalladamente las diferencias entre esta dos tipos de metodologías.

Cuadro N°9: Calidad Tradicional vs Six sigma

<b>CALIDAD TRADICIONAL</b>	<b>SIX SIGMA</b>
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas.
No hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo en Dios creo, los demás traigan datos
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso

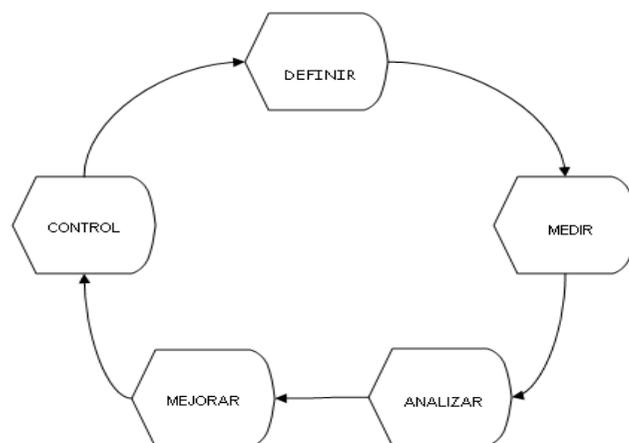
Fuente: Elaboración propia

### Proceso o Metodología Six sigma (DMAIC)

El método six sigma, conocido como DMAMC (en sus siglas en ingles), se basa en el ciclo de calidad de PDCA, propuesto por Deming Figura N°, en donde las etapas se operacionalizan, según lo indicado en la figura N°, de la siguiente manera:

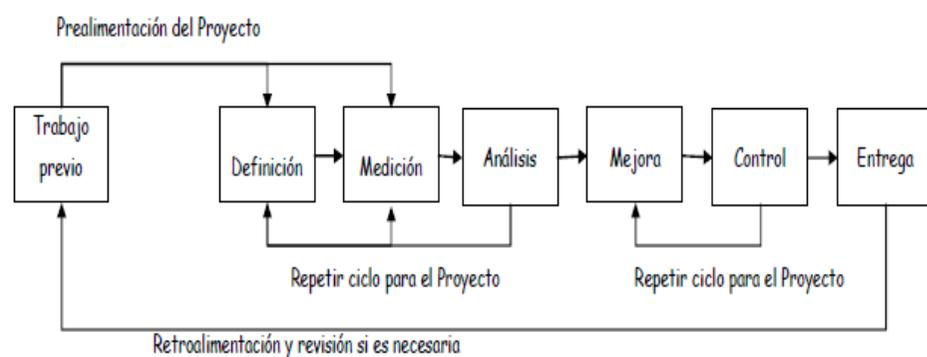
- Definición del proyecto.
- Medición de la información suministrada por el proceso y los clientes de la organización.
- Análisis de la información, en donde se aplica algunas herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales.
- Mejoramiento, etapa en la cual se proponen las soluciones de los problemas de calidad planteados.
- Control, el cual incluye los métodos estadísticos de seguimiento a las variables del proceso.

Figura N°2: Ciclo PDCA



Fuente: Seis sigma método estadístico y aplicaciones

Figura N°3: Operacionalización del DMAIC



Fuente: Seis sigma método estadístico y aplicaciones

La clave para conseguir que el DMAMC se aplique en forma adecuada en la organización es la siguiente:

- El enfoque centrado en las necesidades y los requerimientos de los clientes.
- La identificación de las causas de los problemas que atentan contra la calidad del producto final o del servicio prestado, evitando las soluciones apresuradas generando decisiones erradas y sin fundamento estadístico.
- La realización de las mediciones de todas las variables críticas del proceso, lo que implica el conocimiento profundo de cada una de las etapas o fases que conforman las actividades de la organización.
- La utilización de las herramientas estadísticas apropiadas que conduzcan a soluciones válidas y efectivas.
- El control mediante un seguimiento constante que evalúe las diferentes actividades que se encaminen a la solución de un problema de calidad.

### **Metodología DMAIC**

Implementar DMAIC, tiene como objeto mejorar y optimizar la organización, por medio de proyectos plausibles y medibles en el tiempo. La metodología DMAIC Consiste en cinco pasos:

#### **Fase Definir**

Esta fase consiste en definir el proyecto o problema de calidad, tomando la información suficiente que permita obtener las necesidades del cliente. Para esta fase se recomendable responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué procesos existen en su área?
- ¿De cuáles actividades (procesos) es usted el responsable?
- ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos?
- ¿Qué personas inter- actúan en el proceso, directa e indirectamente?
- ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?
- ¿Tiene actualmente información del proceso?
- ¿Qué tipo de información tiene?
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?
- ¿Cómo lo definió o llegó a esa conclusión?

#### **Fase Medir**

Esta fase consiste en la medición de las condiciones del problema, evaluando la capacidad SPC, según la información suministrada por el proceso. Para esta fase se recomendable responder las siguientes preguntas:

- ¿Sabe quiénes son sus clientes?

- ¿Conoce las necesidades de sus clientes?
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?
- ¿Cómo se desarrolla el proceso?
- ¿Cuáles son los pasos?
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?
- ¿Por qué son esos los parámetros?
- ¿Cómo obtiene la información?
- ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?

### **Fase Analizar**

Esta fase se plantea analizar las causas del problema, aplicando técnicas estadísticas consistentes, tales como el Diseño Experimental, Contraste de hipótesis, Modelos Lineales. Para esta fase se recomendable responder las siguientes preguntas:

- Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?
- ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos.
- ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?
- ¿Cómo los definió?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son.
- ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?
- De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?
- ¿Monitorea las fuentes de variación que no controla?
- ¿Cómo?

### **Fase Mejorar**

Esta fase consiste en mejorar las condiciones del proceso, identificando y cuantificando las variables críticas del proceso. Implementando soluciones adecuadas a cada una de las causas encontradas y valorando los resultados, AMEF. Para esta fase se recomendable responder las siguientes preguntas:

- Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así
- ¿Cuáles son?,
- ¿Quién es el proveedor?
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?
- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
- ¿Interactúan las variables críticas?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?
- ¿Cómo los definió?

### **Fase Controlar**

Esta fase se encarga de controlar las variables críticas del proceso, para que el problema de calidad no sea recurrente. Para esta fase se recomendable responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué tanto se ha mejorado el proceso después de los cambios?
- ¿Cómo lo define? Muestre los datos.
- ¿Cómo hace que los cambios se mantengan?
- ¿Cómo monitorea los procesos?
- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios?
- ¿Cómo lo está documentando? Muestre los datos

## **HERRAMIENTAS DE CALIDAD APLICADAS EN LA METODOLOGÍA DMAIC**

### **Despliegue de la Voz del cliente**

El Despliegue de la Voz del Cliente es una metodología relacionada con el QFD (Despliegue de la Función de Calidad) cuyo objetivo es transformar las expresiones y demandas del cliente en calidad del diseño. Basándose en las técnicas de investigación cualitativa y cuyo objetivo no es definir un conjunto de prioridades de mejora, sino identificar un completo rango de atributos que inciden en la satisfacción del cliente.

El resultado ha de ser la obtención de una base bien fundamentada para desarrollar posteriormente una investigación cuantitativa mediante cuestionarios y encuestas.

El proceso de despliegue de la voz del cliente se divide en tres fases

• **Obtención de la opinión del cliente**

Debe utilizarse un proceso centrado y riguroso para obtener, estructurar y priorizar la voz del cliente que asegure datos relevantes sobre las necesidades y expectativas. Un instrumento especialmente eficaz en la obtención de información es la entrevista en el marco de grupos de discusión y, más concretamente, los grupos focalizados.

En cuanto a las preguntas formuladas para estimular la discusión, pueden estar referidas a temas como:

- Razones de la satisfacción o insatisfacción generada por el producto/servicio.
- Descripción del servicio ideal.
- Significado, para los participantes, de la Calidad de Servicio.
- Expectativas respecto al producto/servicio.
- Prestaciones esperadas.
- Aspectos considerados como inadecuados.

• **Análisis de la Voz del Cliente**

Las opiniones de los clientes no suelen revelar expresiones de calidad demandada concretas. Normalmente las necesidades están expresadas en términos poco precisos, lo que obliga a procesar la información para traducirla al lenguaje de la organización.

Esta traducción es llevada a cabo mediante la Tabla de la Voz del Cliente Cuadro N°5. El propósito es registrar el contexto de uso del producto o servicio para obtener necesidades elaboradas, es decir, necesidades expresadas en un lenguaje que permita trabajar a la organización sobre ellas.

Esta conversión se realiza “filtrando” la expresión verbal del participante en el grupo a través de una rejilla compuesta por ello las 5W1H: Quién – Qué – Dónde – Cuándo – Por qué – Cómo. Estas preguntas se refieren a la utilización del servicio por parte del cliente.

Cuadro N°10: Formato tabla de la voz del cliente

VOZ DEL CLIENTE	QUIEN	QUE	DONDE	CUANDO	PORQUE	COMO	NECESIDADES ELABORADAS
	I E	I E	I E	I E	I E	I E	
	I E	I E	I E	I E	I E	I E	
	I E	I E	I E	I E	I E	I E	

Fuente: Elaboración propia

La primera columna (Voz del Cliente) se escribe textualmente las expresiones verbales de los clientes. A partir de ellas se despliega el contenido del resto de las columnas, en las que si se marca la anotación “E” significa que el contenido reflejado es explícito, es decir, en algún momento un participante expresó la idea de manera explícita. Si se marca la anotación “I” quiere decir que la expresión a la que precede no fue presentada explícitamente por ningún participante.

La segunda columna atiende a las características de los clientes y puede ser utilizada para establecer una segmentación de los mismos.

Por último el resultado de la Voz del Cliente se concreta en la última columna “Necesidades Elaboradas”, que supone el esfuerzo por convertir las expresiones de los participantes en necesidades expresadas en un lenguaje específico y cercano a la organización.

- **Identificación y organización de atributos**

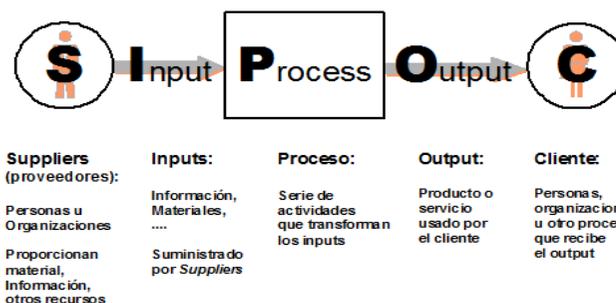
Una vez construido las tablas de la voz de cliente para los grupos focalizados aplicados se habrá obtenido una relación extensa de necesidades elaboradas que, al fin y al cabo, constituyen los atributos de calidad requeridos por los clientes respecto al servicio.

**Mapa de proceso de alto nivel SIPOC**

El SIPOC es un diagrama de flujo a alto nivel y, a su vez, es el primer paso para la realización de un diagrama de flujo detallado (flujograma de proceso). Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes. Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC

El procedimiento para realizar un SIPOC es muy sencillo: se trata de listar las partes implicadas en el proyecto distinguiendo entre Proveedores (Suppliers), Inputs, Proceso, Output y Clientes mostrado en la figura N°4.

Figura N°4: Diagrama SIPOC



Fuente: Caletec

Ya elaborado el diagrama SIPOC, se puede apreciar las actividades involucradas y de qué forma están interconectadas, además de identificar fácilmente las partes implicadas de la que no; como también a los clientes resaltando lo que se requiere satisfacer de acuerdo a lo trazado en el proyecto.

**Características Críticas de Calidad (CTQ)**

Un CTQ en cualquier producto, proceso o servicio es aquella característica que satisface un requerimiento clave para el cliente o el proceso.

Los atributos más importantes de un CTQ es que vienen trasladados directamente de la voz del cliente y esto nos da un panorama completo de las necesidades del cliente.

Si tuviéramos que expresar un CTQ de forma matemática sería de esta manera:

$$Y = F(X)$$

Dónde:

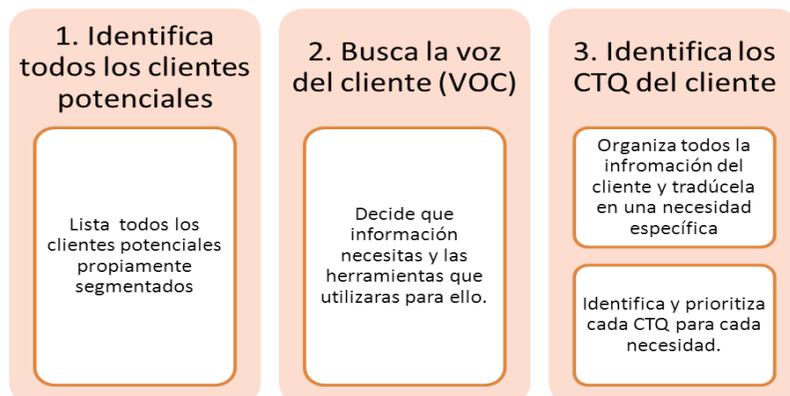
Y = CTQ del cliente o la cosa que necesitamos mejorar utilizando Lean Six Sigma.

F(x) = El proceso o procesos internos que afectan directamente el CTQ del cliente.

La expresión la leeríamos como Y, o el CTQ del cliente está en función de x o los procesos internos. Visto de otra manera, lo que nuestro cliente experimenta es consecuencia de nuestros procesos internos. Una vez que conocemos lo que nuestro cliente (interno o externo) desea, tendremos un mejor entendimiento de lo que necesita ser mejorado en nuestros procesos, políticas, productos o servicios.

Una vez que establecemos los CTQ del cliente, aprenderemos en las siguientes fases del proyecto Lean Six Sigma como ligar estos CTQ con los procesos internos que necesitan mejorar. En la siguiente figura podremos observar tres pasos que nos permite a definir los CTQs del cliente.

Figura N°5: Tres pasos para determinar el CTQ del cliente



Fuente: Elaboración propia

## **Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)**

El Análisis de modos y efectos de falla (AMEF), es un procedimiento que permite la identificación de las fallas que pueden haber en los productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, con la finalidad de evitar su ocurrencia en el futuro y así tener un método documentado de prevención.

- **Tipos de AMEF**

El procedimiento AMEF puede aplicarse a:

### **Productos**

El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.

### **Procesos**

El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.

### **Sistemas**

El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento.

- **Ventajas de del método AMEF**

Este procedimiento de análisis tiene una serie de ventajas potenciales significativas, por ejemplo:

- Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
- Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
- Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.
- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Identificar las causas posibles de las fallas.
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectable.
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Generar Know-how.
- Considerar la información del AMEF como recurso de capacitación en los procesos.

- **Procedimiento de implementación de AMEF**

En primer lugar para la implementación se debe considerar que para desarrollar el AMEF se requiere de un trabajo previo de recolección de información; en este caso el proceso debe contar con documentación suficiente acerca de todos los elementos que lo componen. El AMEF es un procedimiento sistemático cuyos pasos se describen a continuación:

- Desarrollar un mapa del proceso (Representación gráfica de las operaciones).
- Formar un equipo de trabajo (Team Kaizen), documentar el proceso, el producto, etc.
- Determinar los pasos críticos del proceso.
- Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
- Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora

### **Herramientas de lean**

- **5s**

Las 5s se utilizan para mejorar las condiciones de cada puesto de trabajo, a través de la organización, orden y limpieza. Elimina lo que no necesitas en un área de trabajo mal organizada y así, se evitan pérdidas de tiempo buscando herramientas.

- **TPM**

TPM es un método de gestión de mantenimiento, que evita las paradas en las máquinas causadas por averías. El objetivo es conseguir cambiar la forma de pensar de los trabajadores, consiguiendo eliminar las averías, los defectos y los accidentes.

Mejora la productividad, ya que reduce tiempos muertos, disminuye el tiempo de ciclo y elimina defectos.

- **Kanban**

Es un sistema que permite regular el flujo de producción entre procesos y entre proveedores y clientes, basado en un reaprovisionamiento a través de señales que indican cuando se necesita más material.

Elimina inventario en curso y sobreproducción, reduce tiempos muertos y mejora el plazo de entrega.

- **Just in time(JIT)**

El just in time consiste en producir la cantidad necesaria de productos en el momento necesario. Más que una herramienta es una filosofía de trabajo. Está relacionada con otras herramientas lean manufacturing como flujo continuo, Heijunka, Kanban. Estandarización de trabajo y takt time. Se reduce el nivel de inventario, se reducen costes de producción y el espacio requerido en planta.

- **Poka yoke**

Poka-Yoke permite detectar errores y prevenirlos en el proceso de producción, con el objetivo de conseguir cero defectos.

Encontrar los defectos con una inspección de calidad y después corregirlos, es mucho más caro que si se detectan antes o directamente si no se producen.

- **SMED**

Es una técnica empleada para disminuir los tiempos de cambios de utillaje en máquinas y herramientas.

Permite fabricar con lotes pequeños, reduce inventario intermedio y permite adaptarse a cualquier imprevisto del plan de producción.

- **Jidoka**

El Jidoka es una técnica que consiste en diseñar los equipos para automatizar parcialmente el proceso de producción, con el fin de que se pare cuando se detecta algún tipo de defecto. Es una forma de controlar los defectos automáticamente.

Los operarios pueden realizar el seguimiento de varias estaciones a la vez, reduciendo costes de producción y se pueden detectar muchas incidencias de calidad, por lo que se mejora el nivel de calidad.

- **Andon**

Es un sistema de control visual que permite que todos los empleados sepan el estado y el avance de las acciones de mejora, permitiendo así la involucración de todo el personal. Ante un problema grave detectado, la producción se para, con el fin de que analizar su causa raíz y resolverlo rápidamente.

### **Control estadístico de la calidad**

Es un método de mejora continua de los procesos operativos de una organización, se basa en la reducción sistemática de la variación de aquellas características que más influyen en la calidad de los productos o servicios. Las herramientas estadísticas utilizadas para la reducción de la variación son, fundamentalmente, el seguimiento,

el control y la mejora de los procesos. El control y mejora de los procesos se enfoca costo son una buena inversión. Hacia la prevención (no producir defecto) y, por lo tanto, los gastos que implica su implantación más que un costo son una buena inversión para la organización. Siguiendo el mismo orden de idea, el control estadístico de la calidad cuentan con herramientas de análisis y resolución de problemas, como distribución de frecuencias e histogramas, diagrama de recorrido, diagrama de flujo, hojas de registros, diagrama causa- efecto, diagrama de Pareto, tormentas de ideas y otras herramientas estadísticas como los gráficos de control por variables y por atributos, el diseño de experimentos y los índices de capacidad de los procesos, tiene como objetivo la reducción sistemática de la variación de los procesos.

Es una metodología para planificar y determinar cuándo un proceso está fuera de control. Tiene como objetivo mejorar los procesos operativos de una organización, basándose en técnicas estadísticas, la cual permite establecer criterios para medir, detectar y corregir variaciones en el proceso que puedan afectar a la calidad del producto o servicio final. Estas mejoras en los procesos operativos de una organización son:

- Disminución de los costos para así ofrecer productos competitivos.
- Eliminar actividades que no agregan valor al proceso productivo, es decir, reducir el tiempo de fabricación de productos o servicios.
- Identificación de los cuellos de botellas, paradas y otros tipos de esperas dentro del proceso productivo.
- Evitar los problemas de cumplimiento, con los requisitos por el cliente final.
- Es una herramienta objetiva que ayuda en la toma de decisiones y facilita el proceso de mejora constante de una empresa

### **Variación en el control estadística de la calidad**

#### **Variación aleatoria:**

Es la variación común inherente al proceso que permanece estable dentro de ciertos límites, mientras no sean modificadas las condiciones operativas del proceso. Por ejemplo, en el diámetro de ejes la variación esperada podría ser consecuencia de: Variación de la dureza del acero, fluctuación de la corriente, errores de medición, desgaste de la máquina. Al medir los diámetros de cada eje, se espera algo de variabilidad asignada (fortuita) alrededor del valor medio, tal vez una distribución normal con una desviación estándar estable. Cuando esto ocurre el proceso está controlado en el marco de lo que se espera.

### **Variación no aleatoria:**

Es la variación no inherente al proceso, la cual puede ocurrir por causas especiales ajenas al proceso propiamente dicho como pueden ser: La cuchilla del torno se va desgastando y las piezas salen cada vez con mayor diámetro, los instrumentos de medición están descontrolados, el operario en las tardes está cansado y no presta atención al trabajo. Cuando se presenta alguna variación no aleatoria, el proceso está fuera de control y se debe identificar y corregir esta variación hasta lograr controlar el proceso.

El control de los procesos implica el estudio de la variabilidad. Al medir la variación del proceso podemos identificar e eliminar las causas no aleatorias y luego mejorar el proceso para reducir la variación aleatoria en el marco de los siguientes principios:

- Cuando se presenta alguna variación no aleatoria el proceso está fuera de control. Al analizar el proceso podemos encontrar y eliminar las causas no aleatorias para mantener el proceso controlado.
- Solamente cuando el proceso está bajo control se puede pensar en la reducción de la variación aleatoria mejorando la capacidad diseñada del proceso.

La variación se controla a través del proceso de operaciones de producción a través del cual se controla los insumos materiales, las variables continuas de los procesos y los atributos de los productos terminados

### **Herramientas básicas para el control estadístico de calidad**

- **Hoja de verificación**

Formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea más sencillo y sistemático, y se puedan analizar visualmente los resultados obtenidos. Siendo un aspecto en la solución de problemas.

Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir los resultados de operación o de inspección
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes; tipos de fallas, áreas de donde proceden, etc.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los proyectos de mejora.

Figura N°6: Ejemplo de una Hoja de verificación

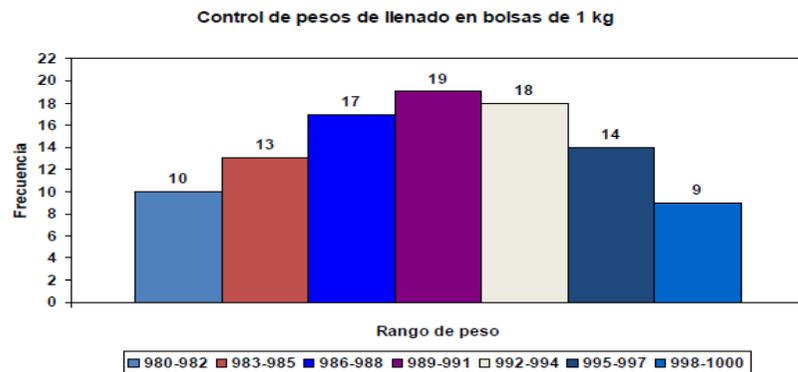
Maquina	defecto	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Total
maquina 1	Tipo 1	2	3	2	1	4	12
	Tipo 2	3	4	1	2	5	15
	Tipo 3	1	3	4	2	0	10
	Tipo 4	0	1	1	0	1	3
	Total	6	11	8	5	10	40
maquina 2	Tipo 1	1	2	4	1	2	10
	Tipo 2	1	3	4	5	4	17
	Tipo 3	1	3	2	1	4	11
	Tipo 4	3	0	1	3	2	9
	Total	6	8	11	10	12	47

Fuente: UPN

- **Histograma**

El histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión.

Figura N°7: Ejemplo de Histograma



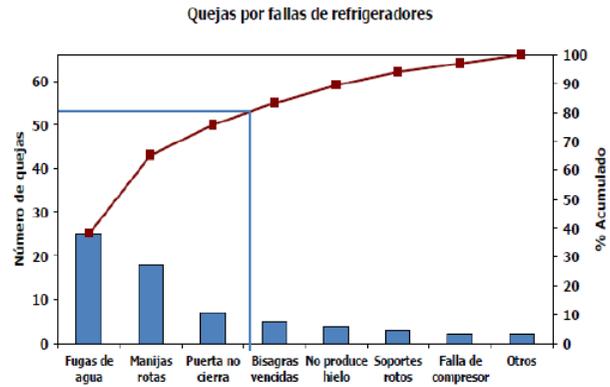
Fuente: UPN

- **Diagrama de Pareto**

El análisis de Pareto prioriza las áreas de problemas o las fuentes de variación de acuerdo a la contribución al costo o al total de variación. Tomando como parámetro de medida la regla 80:20, en donde el 20% de las causas son responsables del 80% de los costos o de las variaciones. Los pasos para elaborar el diagrama de Pareto son los siguientes:

- Ordenar los elementos o datos, de mayor a menor.
- Calcular los porcentajes, individual y acumulado, de cada elemento o datos. Dibujar el gráfico de barras con los elementos clasificados de mayor a menor.
- Dibujar la curva representativa de los porcentajes acumulados.

Figura N°8: Ejemplo diagrama Pareto



Fuente: UPN

- **Diagrama de dispersión**

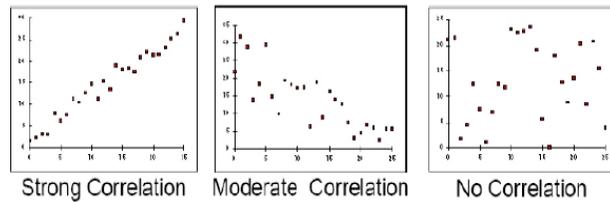
Es una gráfica cuyo objetivo es analizar la forma en que dos variables numéricas están relacionadas.

Gráfica del tipo X-Y, donde cada elemento de la muestra es representado mediante un par de valores  $(x_i, y_i)$  y el punto correspondiente en el plano cartesiano X-Y. El objetivo de la gráfica es analizar la forma en que estas dos variables están relacionadas.

**Pasos para elaborar un diagrama de dispersión**

- 1. Obtención de datos:** Se seleccionan las variables que se desean estudiar y luego se colectan los valores. A mayor número de puntos es mejor; se recomienda obtener más de 30 parejas de valores.
- 2. Elegir ejes:** Por lo general, si se trata de descubrir una relación causa-efecto, la posible causa se representa en el eje X y el probable efecto en el eje Y. Si se está investigando la relación entre dos características de calidad o entre dos factores, entonces en el eje de X se anota el que se puede manipular más o el que ocurre primero en el proceso. Anotar en los ejes el título de cada variable.
- 3. Construir escalas:** Se sugiere encontrar el valor máximo y el mínimo de ambas variables.
- 4. Graficar los datos:** Con base a las coordenadas X, Y, representar un punto en el plano X-Y los valores de ambas variables.
- 5. Documentar el diagrama:** Registrar en el diagrama toda la información que sea de utilidad para identificarlo.

Figura N°9: Ejemplo de un diagrama de dispersión



Fuente: UPN

• **Coefficiente de correlación**

Sirve para cuantificar en términos numéricos el grado de relación (r) lineal entre dos variables.

Se recomienda para el cálculo de r apoyarse del programa Excel, mediante la siguiente formula:

$$COEF. DE. CORREL(matriz1; matriz2)$$

Los valores que toma el coeficiente de correlación, r, están entre -1 y 1, ( $-1 \leq r \leq 1$ ), de cual se pueden clasificar el grado de correlación:

Figura N°10: Clasificación del grado de correlación

Valores r	Grado de correlación
r próximo a - 1 ó 1	Correlación lineal muy fuerte
r cercano a - 0.85 ó 0.85	Correlación fuerte
r cercano a - 0.50 ó 0.50	Correlación moderada o débil
r menor a - 0.30 ó 0.30	Correlación lineal inexistente

Fuente: Elaboración propia

• **Gráficos de control**

Son herramientas estadísticas más complejas que permiten obtener un conocimiento mejor del comportamiento de un proceso a través del tiempo, además, permiten analizar variaciones existentes en un proceso comparando los datos actuales con los históricos.

Los gráficos de control se clasifican:

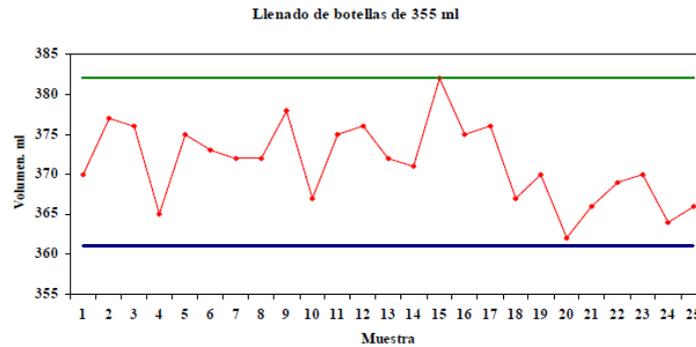
○ **Gráficos de control para variables**

Diagramas que se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo (peso, volumen, longitud, humedad, etc.).

○ **Gráficos de control para atributos**

Diagramas que se aplican al monitoreo de características de calidad de tipo discreto (“pasa o no pasa”; o donde se cuenta el número de no conformidades que tienen los productos analizados).

Figura N°11: Ejemplo de Grafico de control



Fuente: UPN

### Plan de muestreo aceptación

Proceso de inspección de calidad utilizada para verificar materiales a la recepción o productos terminados para asegurar que se cumplen ciertos niveles de calidad con un buen grado de seguridad.

- **Procedimiento de un plan de muestreo**

- Tomar una o más muestras de un lote de artículos
- Evaluar cada uno de los artículos de la muestra, inspeccionando alguna(s) característica(s) de calidad
- Decidir aceptar o rechazar el lote en base a los resultados de la inspección.
- Si el lote es aceptado pasa directamente a ser utilizado, pero si es rechazado, se devuelve al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (ej. Inspección de todo el lote, inspección 100% pagada por el proveedor).

- **Tipos de planes de muestreo de aceptación**

- **Por Atributos:**  
Las características de calidad no son cuantificables de forma directa. Se expresan de forma “conforme”, “no conforme”
- **Por Variables:**  
Las características de calidad se miden en una escala numérica.

### Reproducibilidad y repetitividad (R&R)

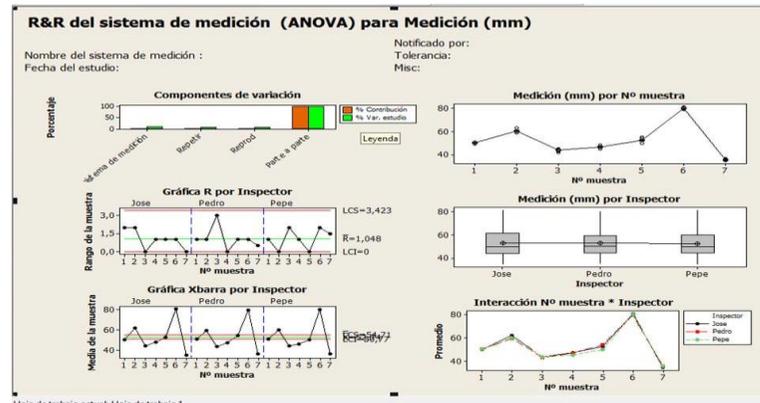
Los estudios de repetitividad y reproducibilidad (R&R) tratan de analizar la variación entre el método de medición y las distintas personas que pueden realizar estas mediciones. Es decir, se va a tratar de reducir la variabilidad de la medición de un proceso mediante el estudio de los posibles motivos 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.

Para ello tenemos que distinguir que es la repetitividad y reproducibilidad, la primera de ellas es la repetición de la medición realizada por el mismo operador mediante el

mismo método, mientras que la reproducibilidad es la distribución del promedio de la medición tomada por distintos operadores mediante el mismo método, en consecuencia la falta de repetitividad va a estar asociada al método que se va a utilizar, mientras que la segunda se basa en el que el fallo de medición se encuentra en el operario.

En la elaboración del estudio de repetitividad y reproducibilidad (R&R) se recomienda la utilización de la herramienta Minitab.

Figura N°12: Ejemplo de R&R aplicado mediante Minitab



Fuente: Minitab 2014

**Capacidad o desempeño del proceso (CP, CPK)**

Es la capacidad de un proceso para cumplir debidamente las especificaciones de diseño de un producto/servicio dado. Las especificaciones de diseño se expresan como un valor nominal (objetivo) y como una tolerancia (desviaciones aceptables del valor nominal).

Para medir la capacidad del proceso empleamos los siguientes índices:

- **Índice de la capacidad del proceso (Cp)**

Mide si la distribución del proceso se localiza dentro de las especificaciones superior e inferior.

$$Cp = \frac{\text{Especificación superior} - \text{Especificación inferior}}{6\sigma}$$

Donde:

$\sigma$ : La desviación estándar del proceso

- **Índice de la capacidad real del proceso (Cpk)**

Mide el potencial del proceso para generar productos en relación con la especificación superior o con la inferior. Asumiendo que el proceso está bajo control y distribuido normalmente.

$$Cpk = \text{mínimo de} \left[ \frac{\text{Especificación Superior} - x}{3\sigma} \text{ o } \frac{x - \text{Especificación Inferior}}{3\sigma} \right]$$

Donde:

X: La media del proceso

$\sigma$ : La desviación estándar del proceso

Los índices Cp y Cpk ayudan a enfatizar la necesidad de mejoras para reducir la variabilidad del proceso, también facilitan la comparación del desempeño de distintos proveedores o procesos y proporciona una idea aproximada de artículos que no cumple con especificaciones.

A continuación se mostrara los valores que puede tomar el Cp y que case de proceso se ajusta a este.

Figura N°13: Cuadro de valor Cp

Valor del Cp	Clase de proceso	Decisión
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$Cp > 1.33$	1	Adecuado
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, pero conforme el Cp se acerca a uno se generan más defectos.
$0.67 < Cp < 1$	3	No adecuado. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones muy serias
$Cp < 0.67$	4	Totalmente inadecuado. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: Elaboración propia

## INGENIERÍA DE MÉTODOS

### Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es un proceso importante para desarrollar un centro de trabajo eficiente. Tiene tres elementos fundamentales que ayudan a definir el tiempo estándar: las estimaciones, los registros históricos y los procedimientos de medición del trabajo. Para incrementar la producción en una planta es necesario establecer estándares de tiempo con precisión, dado que incrementará la eficiencia del equipo y el personal. (Niebel & Freivalds, 2004).

Adicionalmente, Meyers (2000) indica que, el estándar de tiempo es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo. Para comprender un estudio de tiempos hay tres condiciones esenciales: un operador calificado y bien capacitado, que trabaje a una velocidad y ritmo normal, y hace una tarea específica. De acuerdo con la literatura revisada, (Meyers, 2000) indica que Frederick Taylor fue la primera persona que se valió de un cronometro para estudiar el contenido del trabajo y, como tal, se le tiene por el fundador de los estudios de tiempos. Se le conoce como el padre de la administración científica y de la ingeniería industrial. (p. 11).

Según lo mencionado por Niebel & Freivalds, (2009), el equipo mínimo requerido para realizar un programa de estudio de tiempos incluye un cronometro, un tablero de estudio y una calculadora de bolsillo. Un equipo de videograbación también puede ser muy útil.

Es fundamental aplicar correctamente los instrumentos, para establecer un estándar de tiempo e incrementar la eficiencia de equipo y el personal, por ende incrementar la producción.

- **Definición de estudio y estándares de tiempo**

Para que pueda comprender la importancia y los usos de un estudio de tiempos debe entender lo que significa el término estándar de tiempo. Un estándar de tiempo se define como “el tiempo requerido para producir un artículo en una estación de manufactura, con las tres condiciones siguientes: 1. operador calificado y bien capacitado; 2. manufactura a ritmo normal, y 3. hacer una tarea específica”. Estas tres condiciones son esenciales para entender el estudio de tiempos y, por tanto, el análisis siguiente. El proceso por el que se establecen estándares de tiempo es el estudio de tiempos.

Se requiere un trabajador calificado y bien capacitado. Generalmente es la experiencia lo que hace de un operador alguien calificado y bien capacitado; el tiempo necesario para alcanzar la calificación varía según el trabajo y la persona. Por ejemplo, los operadores de máquinas de coser, soldadores, tapiceros, maquinistas, y muchos otros trabajos de alta tecnología, requieren largos periodos de aprendizaje. El error más grande que comete el personal inexperto en la realización de estudios de tiempo es estudiar los tiempos de alguien en un momento demasiado prematuro. Una buena regla práctica es comenzar con una persona calificada, capacitada por completo, y darle dos semanas en el trabajo antes de hacer el estudio de tiempos. En tareas o trabajos nuevos, se usan sistemas de estándares predeterminados de tiempos (PTSS, siglas de predetermined time standard systems). Al principio, estos estándares parecen difíciles de alcanzar, porque los tiempos se establecen para operadores calificados bien entrenados.

El ritmo normal es aquél al que un operador capacitado, en condiciones normales, realiza una tarea con un nivel normal de esfuerzo, es decir, aquel con el cual un operador puede mantener un ritmo confortable: ni demasiado rápido ni demasiado lento. Para cada trabajo sólo se utiliza un estándar de tiempo, aun si las diferencias individuales entre operadores arrojan resultados diferentes. El ritmo normal es confortable para la mayoría de la gente.

Al desarrollar los estándares de tiempo para una tarea, se usa como tiempo normal el 100 por ciento del tiempo con ritmo normal. Si se juzga que el ritmo es más lento o más rápido del normal, se hacen los ajustes correspondientes. Algunos ejemplos de ritmo normal son los siguientes:

1. Caminar 264 pies en 1.000 minutos (3 millas por hora).
2. Repartir 52 cartas en cuatro mazos iguales en .500 minutos (en una mesa de bridge).
3. Llenar un tablero de 30 alfileres en .435 minutos (con el empleo de ambas manos).

Para calificar este concepto también se usan películas de capacitación.

Una tarea específica es una descripción detallada de lo que debe lograrse. La descripción de la tarea debe incluir lo siguiente:

1. Método prescrito de trabajo.
2. Especificación de materiales.
3. Herramientas y equipo que serán usados.
4. Posiciones del material que entra y sale.
5. Requerimientos adicionales, como seguridad, calidad, limpieza y tareas de mantenimiento.

El estándar de tiempo es bueno sólo para este conjunto de condiciones específicas. Si alguna condición cambia, el estándar de tiempo también debe cambiar. Es importante la descripción escrita de un estándar de tiempo, pero las matemáticas son aún más importantes.

Si un trabajo requiere 1.000 minutos estándar para producir (Figura N° 15), se producirían 60 piezas por hora y tomará .01667 horas fabricar una unidad, o 16.67 horas hacer 1,000 unidades. En el estudio de tiempos siempre se utilizan minutos decimales debido a que así las matemáticas son más fáciles. Se requieren los tres números siguientes para comunicar un estándar de tiempo:

Figura N°14: Práctica de cálculos matemáticos para desarrollar estándares de tiempo

<i>Minutos del estándar de tiempo</i>	<i>Piezas por hora<sup>a</sup></i>	<i>Horas por pieza<sup>b</sup></i>	<i>Horas por 1,000 piezas<sup>c</sup></i>
1.000	60	.01667	16.67
.500	120	.00833	8.33
.167	359	.00279	2.79
2.500	24	.04167	41.67
.650	—	—	—
.050	—	—	—

<sup>a</sup>Las piezas por hora se calculan dividiendo los minutos del estándar de tiempo entre 60 minutos por hora.

<sup>b</sup>Las horas por pieza se calculan con la división de las piezas por hora entre una hora (1/x).

<sup>c</sup>Las horas por 1,000 piezas se calculan con la multiplicación de las horas por pieza por 1,000 piezas.

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Fred E. Meyers. Matthew P. Stephens

- **Importancia y usos del estudio de tiempos**

La importancia de los estándares de tiempo se ilustra con tres estadísticas: 60, 85 y 120 por ciento de desempeño. Es común que una operación que no está dentro de los estándares de tiempo trabaje 60 por ciento del tiempo. Aquellas operaciones que trabajan dentro de los estándares de tiempo, lo hacen al 85 por ciento de desempeño normal. Este incremento en la productividad es igual al 42 por ciento, aproximadamente. En una planta pequeña de 100 personas, esta mejora es igual a

42 personas adicionales o a un ahorro cercano a un muy eficaz en cuanto a costos. El desempeño promedio de las plantas industriales con planes de pago de incentivos es de 120 por ciento.

El estándar de tiempo se usa para lo siguiente:

1. Determinar el número de máquinas-herramientas por comprar. En el diseño de instalaciones, ¿cómo calcularía de otro modo este importante elemento de información para el diseño de instalaciones de manufactura?
2. Definir el número de personal de producción por contratar. De nuevo, ésta es una parte muy importante de la información cuando se determinan los requerimientos de espacio de las instalaciones.
3. Calcular los costos de manufactura y los precios de venta.
4. Programar las máquinas, las operaciones y el personal para que realicen el trabajo y hagan entregas a tiempo con inventarios pequeños. Esto es de lo que tratan el pensamiento esbelto y la manufactura esbelta.
5. Obtener el balanceo de la línea de ensamble y la velocidad del transportador de montaje, asignar trabajos en las celdas de manufactura con la cantidad correcta de trabajo, y balancear las celdas de manufactura. Esta información determina las distribuciones de la celda de manufactura y línea de ensamble.
6. Determinar el desempeño individual de cada trabajador e identificar y corregir las operaciones problemáticas. Ésta es la filosofía básica del kaizen.
7. Pagar incentivos por el desempeño excepcional del equipo o del individuo.
8. Evaluar las ideas para reducir costos y adoptar el método más económico con base en el análisis de costos, no en las opiniones.
9. Evaluar las compras de equipo nuevo para justificar el desembolso.
10. Desarrollar presupuestos de operación personal para medir el desempeño de la administración.

○ **Cantidad de máquinas**

- a. ¿Cuántas piezas necesitamos manufacturar por turno?
- b. ¿Cuánto tiempo toma manufacturar una parte? (Éste es el estándar de tiempo.)
  1. El departamento de marketing quiere que se hagan 2,000 vagones por turno de ocho horas.
  2. Toma .400 minutos formar el cuerpo del vagón en una prensa.
  3. Hay 480 minutos por turno (ocho horas del turno por 60 minutos por hora).
  4. Se restan 50 minutos de tiempo libre por turno (recesos, limpieza, etc.).
  5. Hay 430 minutos disponibles por turno al 100 por ciento.
  6. Con base en la historia o las expectativas, se supone un rendimiento de 75 por ciento ( $.75 \times 430 = 322.5$ ).
  7. Hay 322.5 minutos efectivos para producir 2,000 unidades.
  8.  $\frac{322.5}{2000 \text{ unidades}} = .161$  minutos por unidad o 6.21 partes por minuto.

Los .161 minutos por unidad se denominan tiempo del proceso o tasa de producción de la planta (como usted recuerda, el tiempo del proceso son los minutos disponibles divididos entre la producción deseada). Por tanto, cada operación en la planta debe producir una parte cada .161 minutos, entonces, ¿cuántas máquinas se necesitan para esta operación?

$$\frac{\text{Tiempo estándar} = .400 \text{ minutos por unidad}}{\text{Tasa de producción de la planta: .161 minutos por unidad}} = 2.48 \text{ máquinas}$$

Esta operación requiere 2.48 máquinas. Si otras operaciones necesitaran usar una máquina de este tipo, se agregarían todos los requerimientos de máquinas y se redondearía al número entero siguiente. En el ejemplo anterior se comprarían tres máquinas. (Nunca se debe redondear hacia abajo, pues, se formaría un cuello de botella en la planta.) Esta información es crítica para el diseño de la instalación.

○ **Productividad**

La productividad es una medida de la salida (los resultados) dividida entre la entrada (los recursos).

Si se habla de la productividad laboral, entonces se está definiendo un número de unidades de producción por hora trabajada.

*Ejemplo:*

$$\text{Actual} = \frac{\text{salida} = 1000 \text{ unidades por día}}{\text{entrada} = 50 \text{ personas} \times 8 \text{ horas por día}} = 2.5 \text{ unid. por hra de trabajo}$$

$$\text{Mejora} = \frac{\text{salida} = 2000 \text{ unidades por día}}{\text{entrada} = 50 \text{ per.} \times 8 \text{ horas por día}} = 5 \text{ unid. por hra de trabajo}$$

Un incremento del 100 por ciento de la productividad (duplicación de ésta). También podría aumentarse la productividad si se mantiene constante la salida (la producción) y se reduce el número de personas.

$$\text{Salida Mejora} = \frac{\text{salida} = 1000 \text{ unid} \times \text{día}}{\text{entrada} = 40 \text{ per.} \times 8 \text{ hor} \times \text{día}} = 3.125 \text{ unid.} \times \text{hra de trabajo}$$

Estos ejemplos son apropiados para plantas o industrias completas, pero para individuos hay que usar la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Horas remuneradas}}{\text{Horas reales}} = \% \text{ ciento de rendimiento}$$

Las horas remuneradas son las que se pagan al operador con base en la manufactura estándar y el número de piezas que produce. Por ejemplo, si un trabajador laboró ocho horas y produjo 1,000 unidades, en un trabajo con tiempo estándar de 100 piezas por hora, se tendría lo siguiente:

A.  $Horas\ remuneradas = \frac{1000\ piezas\ producidas}{100\ piezas\ por\ hora} = 10horas$

B. Horas reales = 8 horas, las horas reales son el tiempo real que el operador pasa en el trabajo

C.  $\% \text{ ciento de rendimiento} = \frac{horas\ remuneradas=10}{horas\ reales=8} = 125 \text{ por ciento}$

- **Estudio de tiempos con cronómetro**

El estudio de tiempos con cronómetro (vea la Figura N°16) es el método en el que piensa la mayoría de los empleados de manufactura cuando hablan sobre estándares de tiempo. Fredrich W. Taylor comenzó a usar el cronómetro alrededor de 1880 para estudiar el trabajo. Debido a su extensa historia, esta técnica es parte de muchos contratos entre el sindicato y las empresas de manufactura.

El estudio de tiempos se define como el proceso de determinar el tiempo que requiere un operador hábil y bien capacitado que trabaja a ritmo normal para realizar una tarea específica.



---

## Distribución de los procesos

Las distribuciones se encuentran en todas las áreas de una empresa porque toda instalación tiene una distribución. Las buenas distribuciones mejoran la coordinación entre líneas departamentales y límites de áreas funcionales. Cada proceso de una instalación tiene una distribución que debe diseñarse cuidadosamente. La manera en que se distribuye físicamente un proceso de manufactura o almacenamiento afecta los costos de manejo de los materiales, la tasa de producción (por unidad de tiempo) y la productividad de los trabajadores. El rediseño de la distribución implica inversiones de capital considerables, las cuales necesitan analizarse desde la perspectiva contable y financiera. Las distribuciones también afectan las actitudes de los empleados en una línea de producción o una oficina.

De acuerdo a lo señalado por Groover (2007), las líneas de producción son muy importantes en los sistemas de manufactura cuando la empresa debe hacer grandes cantidades de productos idénticos. Además, el trabajo se tiene que dividir en pequeñas tareas y se asignan, ya sea a trabajadores o máquinas para que las realicen.

- **Planificación de la Distribución**

Los planes de distribución traducen las decisiones generales sobre las prioridades competitivas, estrategia de procesos, calidad y capacidad de los procesos en disposiciones físicas de personal, equipo y espacio.

La localización de un centro tiene dos dimensiones: (1) la localización relativa, o sea, la posición que ocupa un centro en relación con otros, y (2) la localización absoluta, o el espacio particular que ocupa el centro dentro de la instalación. Ambas dimensiones afectan el desempeño de un centro.

Las opciones de distribución pueden ayudar enormemente a comunicar los planes de producción y las prioridades competitivas de una organización. Si un comerciante minorista planea mejorar la calidad de su mercancía, la distribución de su tienda debe proyectar una imagen de más exclusividad y lujo.

La distribución física tiene muchas implicaciones prácticas y estratégicas. Modificar la distribución puede afectar a la organización y la forma como satisface sus prioridades competitivas, de las siguientes maneras:

Aumentar la satisfacción de los clientes y las ventas en una tienda minorista

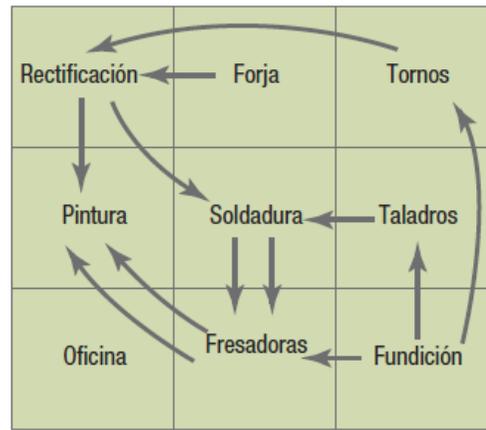
- Facilitar el flujo de materiales e información
- Acrecentar la utilización eficiente de la mano de obra y equipo
- Reducir los riesgos para los trabajadores
- Mejorar la moral de los empleados
- Mejorar la comunicación

- **Tipos de distribución**

La selección del tipo de distribución depende en gran parte de la estructura de los procesos, es decir, la posición de los procesos en la matriz de contacto con los clientes para los proveedores de servicio y en la matriz de productos y procesos para los procesos de manufactura. Existen cuatro tipos básicos de distribución: (1) flujo flexible; (2) flujo en línea; (3) híbrida, y (4) posición fija.

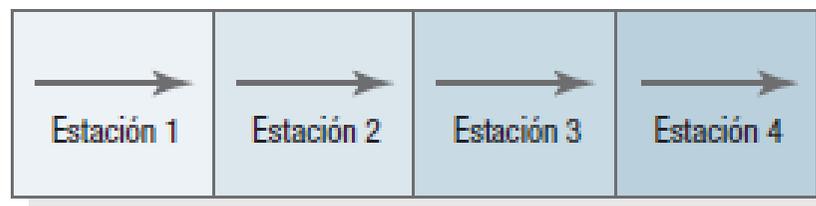
1.- Distribución de flujo flexible. Los procesos de trabajo y de mostrador con flujos de trabajo muy divergentes tienen bajo volumen y un alto nivel de personalización. Para tales procesos el gerente debe elegir una distribución de flujo flexible, en la que los recursos (empleados y equipo) se organizan por función en lugar de por servicio o producto. Por ejemplo, en los procesos de trabajo de metalistería que se ilustran en la Figura N° 17, todos los taladros se localizan en un área del taller de máquinas y todas las fresadoras están ubicadas en otra. La distribución de flujo flexible es más común cuando en la misma operación se deben fabricar muchos productos o partes distintos o es preciso atender a muchos clientes diferentes de forma intermitente. Los niveles de demanda son demasiado bajos o imprevisibles para que la gerencia reserve recursos humanos y de capital exclusivamente para una línea de productos o un tipo de cliente en particular. Las ventajas de la distribución de flujo flexible sobre la distribución de flujo en línea, ilustrada en la Figura N°18, donde los centros están dispuestos en una trayectoria lineal, son las siguientes: los recursos son de propósito general y menos intensivos en capital; hay más flexibilidad para manejar los cambios en la mezcla de productos; la supervisión de los empleados es más especializada cuando el contenido del trabajo requiere una buena dosis de conocimientos técnicos, y la utilización del equipo es más alta. Cuando los volúmenes son bajos, dedicar recursos en forma exclusiva a cada producto o servicio (como se hace en la distribución de flujo en línea) requeriría más equipo que agrupar todos los requisitos para todos los productos.<sup>1</sup> Un desafío importante cuando se diseña una distribución de flujo flexible consiste en localizar los centros de tal manera que impongan cierto orden en el aparente caos de los procesos divergentes con flujos de trabajo flexibles.

Figura N°16: Distribución de un taller de trabajo



Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

Figura N°17: Distribución de un taller de trabajo



Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

2.- Distribuciones de flujo en línea. Los procesos de trastienda y en línea típicamente tienen flujos de trabajo lineales y tareas repetitivas. Para estos procesos, el gerente debe dedicar recursos a servicios, productos o tareas individuales. Esta estrategia se logra mediante una distribución de flujo en línea, como la que muestra la Figura N°18, en la cual las estaciones de trabajo o departamentos están dispuestas en una trayectoria lineal. Igual que en un servicio de lavado automático de automóviles, el cliente o el producto se desplaza a lo largo de un flujo uniforme y continuo. Los recursos están dispuestos alrededor de la ruta que sigue el cliente o el producto, en lugar de que muchos de ellos los compartan. Aunque las distribuciones de flujo en línea siguen a menudo una línea recta, esta trayectoria no es siempre la mejor, por lo que las distribuciones pueden adoptar formas de L, O, S o U. Con frecuencia, esta distribución se conoce con el nombre de línea de producción o línea de ensamblaje. La diferencia entre las dos es que una línea de ensamblaje se usa únicamente para procesos de ensamblado, en tanto que una línea de producción puede usarse para otros procesos, como los de maquinado.

Estas distribuciones dependen a menudo y en gran medida de recursos especializados, intensivos en capital. Cuando los volúmenes son altos, las ventajas

de las distribuciones de flujo en línea sobre las distribuciones de flujo flexible son: tasas de procesamiento más rápidas, inventarios más reducidos, y menos tiempo improductivo a causa de los cambios de producto y el manejo de materiales. Además, se reduce la necesidad de desconectar una operación de la siguiente, lo cual permite que la gerencia disminuya los inventarios. Los japoneses se refieren a un proceso en línea como operaciones traslapadas, en las que los materiales pasan directamente de una operación a otra sin tener que permanecer en filas de espera.

En el caso de las distribuciones de flujo en línea, resulta fácil decidir dónde deben localizarse los centros, porque las operaciones tienen que llevarse a cabo en el orden prescrito. Los centros pueden colocarse simplemente de modo que sigan el flujo del trabajo, lo que se asegura que todos los pares de centros que interactúan estén lo más cerca posible unos de otros o que tengan una frontera común. El desafío de la distribución de flujo en línea es agrupar las actividades en estaciones de trabajo y alcanzar la tasa de producción deseada con la menor cantidad posible de recursos.

3.- Distribuciones híbridas Lo más frecuente es que en una distribución se combinen elementos de procesos divergentes y de flujo lineal. Esta estrategia intermedia requiere una distribución híbrida, en la cual algunas partes de la instalación están dispuestas en una distribución de flujo flexible y otras en una distribución de flujo en línea. Las distribuciones híbridas se usan en instalaciones que realizan operaciones de fabricación y ensamblaje, como sucedería si los dos tipos de distribución ilustrados en la Figura N°18 estuvieran en el mismo edificio. Las operaciones de fabricación, en las que se elaboran componentes a partir de materias primas, tienen un flujo complicado, en tanto que las operaciones de ensamblaje, en las que los componentes se ensamblan para obtener productos terminados, tienen un flujo en línea. Los gerentes de operaciones también crean distribuciones híbridas cuando introducen células y automatización flexible, como en un sistema de manufactura flexible (FMS, del inglés flexible manufacturing system). Una célula es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo diferentes, localizadas una junto a otra, a través de las cuales se procesa un número limitado de partes o modelos con flujos en línea. Más adelante, en este mismo capítulo, se explicarán dos tipos especiales de células: las de tecnología de grupo (GT, del inglés group technology) y las de un trabajador y múltiples máquinas (OWMM, del inglés one-worker, multiple-machines). Un FMS es un grupo de estaciones de trabajo controladas por computadora, en las que se manejan los materiales y se cargan las máquinas automáticamente. Estas tecnologías ayudan a conseguir la repetitividad, aun cuando los volúmenes del producto sean demasiado bajos para justificar que una línea entera se dedique exclusivamente a un producto, porque reúnen en un centro todos los recursos necesarios para producir toda una familia de partes.

4.- Distribución de posición fija. El cuarto tipo básico de distribución es la distribución de posición fija. En esta distribución, el sitio donde se presta el servicio o se fabrica el producto es fijo, por lo cual los trabajadores, junto con sus herramientas y equipo, acuden al lugar para realizar su trabajo. Muchos proyectos tienen esta disposición. Este tipo de distribución conviene cuando el producto es particularmente grande o difícil de movilizar, como sucede en la construcción de un nuevo complejo de oficinas, la fabricación de barcos, el ensamble de locomotoras, la fabricación de cámaras enormes de alta presión, la construcción de presas o la reparación de calderas domésticas. Una distribución de posición fija minimiza el número de ocasiones en que es necesario movilizar el producto, y frecuentemente constituye la única solución viable.

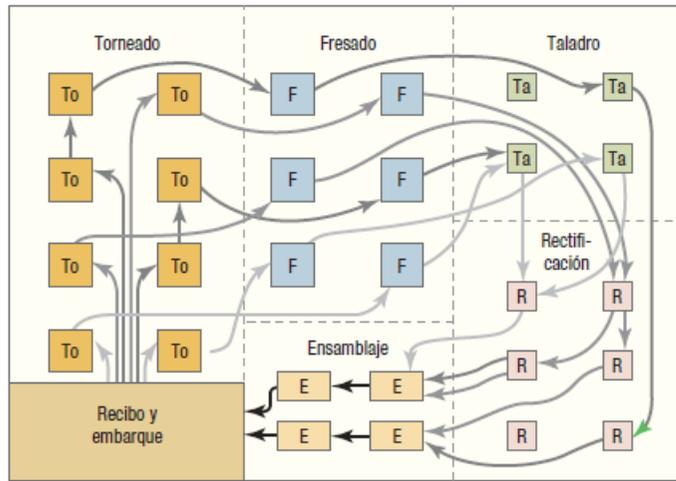
- **Tecnología de grupo**

Esta técnica de manufactura genera células que no se limitan a un solo trabajador, y tiene una forma única para seleccionar el trabajo que se realizará en la célula. En el método GT, las partes o productos con características similares se agrupan en familias y se reservan grupos de máquinas para su producción. Las familias pueden basarse en el tamaño, la forma, los requisitos de manufactura o la ruta, o bien, en la demanda. El objetivo es identificar un conjunto de productos que tenga requisitos de procesamiento similares y minimizar los cambios o ajustes para la preparación de las máquinas. Por ejemplo, todos los pernos podrían asignarse a la misma familia porque, independientemente de su forma o tamaño, todos requieren los mismos pasos básicos para su procesamiento.

Una vez que las partes se han agrupado en familias, el siguiente paso consiste en organizar las máquinas herramientas necesarias para realizar los procesos básicos que las partes requieren, en células separadas. Las máquinas de cada célula requieren solamente ajustes menores para pasar de la producción de una parte a la siguiente, dentro de la misma familia. Debido a que las rutas que recorren los productos se simplifican, las células GT reducen el tiempo que cada trabajo permanece en el taller. Así se acortan o eliminan las filas de espera de los materiales que van a utilizarse.

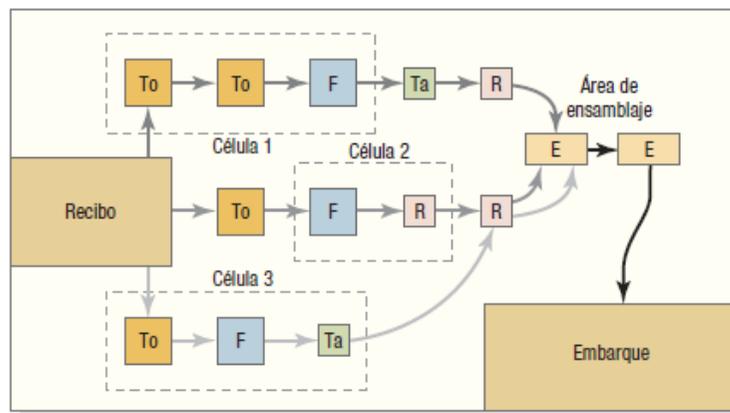
Con frecuencia, el manejo de materiales se ha automatizado para que, después de cargar las materias primas en la célula, el trabajador no tenga que manipular las partes maquinadas sino hasta que todo el trabajo esté terminado.

Figura N°18: Flujos complicados en un taller de producción intermitente sin células GT



Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

Figura N°19: Flujos complicados en un taller de producción intermitente sin células GT



Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

Se presenta una comparación de flujos de procesos antes y después de la creación de células GT. La Figura N°19 muestra un taller donde las máquinas están agrupadas de acuerdo con la función que realizan: tornos, fresadoras, taladradoras, rectificadoras y ensamblaje. Una vez que una parte ha sido torneada, pasa a alguna de las fresadoras, donde espera en fila hasta que su grado de prioridad sea más alto que el de cualquiera otro de los trabajos que compiten por la capacidad disponible de la máquina. Cuando la operación de fresado de la parte ha finalizado, ésta pasa a una máquina taladradora, y así sucesivamente. Las filas de espera pueden ser largas, lo que provoca retrasos considerables. Los flujos de materiales llegan a ser

muy complicados porque las partes que se procesan en cualquier área del taller se desplazan por muchas rutas diferentes.

En cambio, el gerente del taller ilustrado en la Figura N°20 ha identificado tres familias de productos que representan la mayor parte de la producción de la empresa. Una de esas familias requiere siempre dos operaciones de torneado, seguidas de una operación en las máquinas fresadoras. La segunda familia siempre requiere una operación de fresado, seguida de una operación de rectificación.

La tercera familia requiere la utilización de un torno, una fresadora y la prensa taladradora.

Para simplificar, aquí sólo se muestran los flujos de las partes asignadas a esas tres familias. Las partes restantes se fabrican en máquinas que están fuera de esas células, y también tienen rutas muy complicadas. Puede ser necesario duplicar algunas piezas del equipo, como cuando se requiere una máquina para una o varias células y para otras operaciones fuera de dichas células. Sin embargo, al crear tres células GT, el gerente ha creado en definitiva más flujos en línea y rutas más sencillas.

### **Celdas de manufactura**

De acuerdo a lo señalado con Meyers y Stephens (2006), las dos orientaciones básicas de la distribución son la producción en masa y el trabajo en el taller. La producción en masa está orientada al producto y sigue una trayectoria fija a través de la planta. La línea de ensamble ilustra mejor la orientación a la producción en masa. Ésta es preferible a la orientación al trabajo en el taller, porque el costo unitario es menor, pero no todos los productos siguen una trayectoria fija.

La distribución orientada al trabajo en el taller es guiada por el proceso (se elabora alrededor de centros de maquinaria). Por lo general, los departamentos de fabricación siguen este camino debido a que las trayectorias de las partes no son consistentes. Esto se denomina flujo de trayectoria variable.

Como la producción en masa es preferible al trabajo en el taller, se han desarrollado varias técnicas nuevas para llevar esta última orientación más cerca de la producción en masa:

1. La tecnología de grupo trata de clasificar las partes en grupos con secuencias de proceso similares. Después, el equipo se coloca en línea recta o como celda de manufactura siguiendo una ruta fija. La planta podría tener una línea de lámina metálica, línea de plásticos, línea de barras, línea de fundición, etcétera. **“El objetivo es reducir el tránsito, los retrocesos y la distancia de viaje”.**
2. Una celda de manufactura es un grupo de máquinas que se dedican a fabricar una parte complicada. Uno o dos operadores pueden manejar de seis a 10 máquinas. Éstas permanecen preparadas en forma indefinida para hacer dicha parte. Algunas

de ellas tal vez no se utilicen por completo, pero el tiempo perdido se compensa con la menor cantidad de inventario que se requiere, menos manejo de materiales y el tiempo de recorrido inferior (el tiempo que una parte pasa en el proceso de producción).

La mayoría de plantas usan la orientación al taller de trabajo para los fines de fabricación, y se orientan a la producción en masa para las líneas de ensamble y empaque. La tecnología de grupo y las celdas de manufactura se crean conforme surgen las oportunidades.

En el capítulo siguiente se estudiarán las técnicas de análisis de flujo para optimizar las distribuciones de las áreas de fabricación y ensamble.

### **Análisis de relación de actividades o Método Muther**

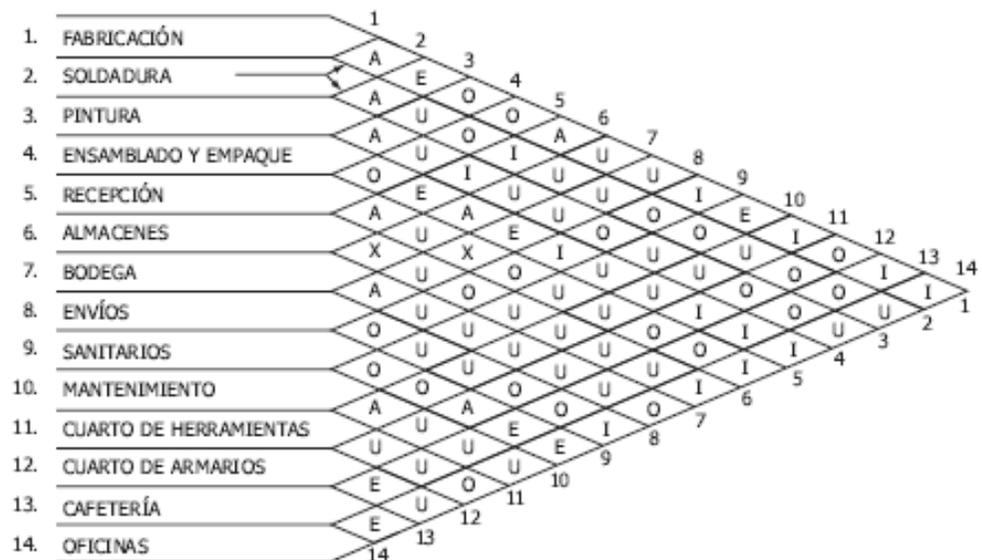
- **Diagrama de la relación de actividades**

El diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área (vea la Figura N°21). Responde a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios? Este cuestionamiento necesita plantearse en forma imprescindible. Se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación.

Como persona nueva o consultor externo, necesita hablar con muchas personas a fin de determinar dichos códigos, y una vez establecidos, se determina casi todo el acomodo de los departamentos, oficinas y áreas de servicio. Los códigos son los siguientes:

Figura N°20: Diagrama de relación de actividades.

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable



Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Fred E. Meyers; Matthew P. Stephens

El código A debe restringirse al movimiento de cantidades masivas de material entre departamentos. Por ejemplo, la bodega del acero que se recibe y el departamento de corte, en manufactura, es un código A. Por la misma razón, el departamento de recepción del acero debe estar junto a la bodega de acero. También podría clasificarse con código A la necesidad de que números importantes de personas se trasladaran; por ejemplo, el mantenimiento y el almacén de herramientas y suministros están en el código A. No obstante, hay que ser parco en el uso de este código de importancia máxima; de otro modo se convertiría en algo de poca utilidad. Se encontrará que es difícil manejar más de ocho códigos A dentro de un departamento. A veces pueden combinarse dos departamentos, oficinas o instalaciones de servicio en la misma línea, como la línea 4 de la figura 6-1 (ensamblado y empaque).

Esto es como un súper código A. El mantenimiento y la sala de herramientas, y los sanitarios y los lockers, son otros ejemplos de departamentos e instalaciones de servicio, respectivamente que no debieran separarse.

Si hubiera alguna duda de que se trate de un código A, use el E. Éste denota que se mueve mucho material o gran cantidad de personas entre los dos departamentos, pero no todo o todas lo hacen al mismo tiempo. Por ejemplo, todos necesitan ir al sanitario o al comedor, pero no en todo momento, por lo que un código E sería apropiado para departamentos con varios individuos. Los departamentos con poco personal tienen las mismas necesidades, pero debido a la menor cantidad de gente, hay menos necesidad de situarla cerca de los servicios. Una forma interesante de estudiar la ubicación de una instalación de servicio, como los sanitarios, es imaginar que se une con una banda elástica a cada empleado con el sanitario, con lo que cada persona tira de éste hacia él o ella. Si sólo se tuviera a dos personas, las bandas colocarían los sanitarios a mitad del camino entre las dos personas.

Con muchas personas esto sólo es un poco más complicado. Los códigos I y O se usan si se desea algún nivel de importancia, pero dichos códigos no son tan útiles como los otros. No es buena idea omitirlos, al menos en los primeros diseños de distribuciones.

El código U es útil porque informa que no se necesita actividad o interfaz entre dos departamentos. Éstos pueden colocarse lejos uno del otro.

Los códigos X son tan importantes como los A, pero por la razón opuesta. Por ejemplo, si el departamento de pintura se localiza junto al de soldadura es posible que ocurra una explosión. El ruido, olores, calor, polvo, frío, y otras características parecidas, son razones buenas para asignar un código X.

- **Hoja de Trabajo**

La hoja de trabajo es una etapa intermedia entre el diagrama de relación de actividades y el diagrama adimensional de bloques. La hoja de trabajo reemplazará al diagrama de relación de actividades. También interpreta éste y obtiene los datos básicos para elaborar el diagrama adimensional de bloques.

A continuación se presenta el procedimiento paso a paso para hacer la hoja de trabajo (vea la Figura N°22):

1. Enliste todas las actividades en el lado izquierdo de una hoja de papel.
2. Haga seis columnas a la derecha de las actividades y denomínelas A, E, I, O, U y X (códigos de relación).
3. Tome una actividad a la vez (departamento, oficina o instalación de servicios), y enliste el (los) número(s) de actividad bajo el código de relación apropiado. Aquí serán útiles dos puntos:
  - a. Asegúrese de que en cada renglón aparezcan todos los números de las actividades (deben aparecer del 1 al 14 en algún lugar de cada renglón).

b. Los códigos de relación para un centro de actividad se enlistan abajo, así como arriba del nombre de la actividad, como lo indican las flechas de dirección de la Figura N°21. Por ejemplo, el código de relación para el renglón 2 (soldadura) con el de fabricación es A y se localiza en la coordenada 1-2. La hoja de trabajo de relación de actividades muestra las mismas relaciones que el diagrama de relación de actividades.

- **Diagrama adimensional de bloques**

El diagrama adimensional de bloques es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aun cuando esta distribución es adimensional, será la base para hacer la distribución maestra y el dibujo del plan. Una vez que se ha determinado el tamaño de cada departamento, oficina e instalación de apoyo, se asignará espacio a cada actividad por medio de la distribución del diagrama adimensional de bloques.

Si se obedecen los códigos de las actividades resultará una buena distribución. Es más difícil basarse en el diagrama adimensional de bloques cuando se dispone de tamaños exactos, porque los departamentos grandes tienden a tener más relaciones A y E que los pequeños, y en sus fronteras tienen muchos más departamentos (actividades).

Figura N°21: Hoja de trabajo de relaciones de actividades

<i>Actividades</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>U</i>	<i>X</i>
1. Fabricación	2, 6	3, 10	9, 11, 13, 14	4, 5, 12	7, 8	
2. Soldadura	1, 3		6	9, 10, 12, 13, 5	7, 8, 4, 11, 14	
3. Pintura	2, 4	1	6	12, 13, 9	5, 7, 8, 10, 11, 14	
4. Ensamblado y empaque	3, 7	6, 8	9, 12, 13, 14	1, 5	2, 10, 11	
5. Recepción	6		14	4, 2, 1, 9, 12, 13	3, 7, 10, 11	8
6. Almacenes	5, 1	4	3, 2, 14	9	8, 10, 11, 12, 13	7
7. Bodega	4, 8			14	5, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13	6
8. Envíos	7	4	14	9, 12, 13	6, 3, 2, 1, 10, 11	5
9. Sanitarios	12	13, 14	4, 1	8, 6, 5, 11, 3, 2, 10	7	
10. Mantenimiento	11	1		9, 2	8, 7, 6, 5, 4, 3, 12, 13, 14	
11. Cuarto de herramientas	10		1	9, 14	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 12, 13	
12. Cuarto de armarios	9	13	4	8, 5, 3, 2, 1	11, 10, 7, 6, 14	
13. Cafetería		14, 12, 9	4, 1	8, 5, 3, 2	10, 11, 7, 6	
14. Oficina		13, 9	8, 6, 5, 4, 1	11, 7	12, 10, 2, 3	

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Fred E. Meyers. Matthew P. Stephens

### **Estaciones de trabajo**

De acuerdo a lo mencionado por Cuatrecasas Arbós (2011), las estaciones de trabajo es una solución de combinar adecuadamente el orden de los lotes para que los tiempos totales de las máquinas sean lo más similares posible, para que así se atiendan a igualar los tiempos totales del proceso enfocadas las máquinas y con ello minimizar los tiempos de espera de puestos de trabajo.

El balanceo de línea es la asignación del trabajo a estaciones integradas a una línea para alcanzar la tasa de producción deseada con el menor número posible de estaciones de trabajo. Normalmente, se asigna un trabajador a cada estación. En estas condiciones, la línea que produce al tiempo deseado con el menor número de trabajadores es la más eficiente. Alcanzar esta meta se parece mucho a la teoría de restricciones, porque ambos métodos toman en cuenta los cuellos de botella. El balanceo de línea difiere en cómo aborda los cuellos de botella. En lugar de (1) aceptar nuevos pedidos de los clientes para aprovechar mejor la capacidad de los cuellos de botella, o (2) programar su producción para conservar los recursos cuello de botella, el balanceo de línea sigue un tercer camino. Crea estaciones de trabajo con cargas de trabajo balanceadas de la manera más uniforme posible. Trata de crear estaciones de trabajo de modo que la utilización de la capacidad del cuello de botella no sea mucho más alta que la de las otras estaciones de trabajo en la línea. Otra diferencia es que el balanceo de línea aplica sólo a los procesos lineales en los que se realiza trabajo de ensamblaje, o al trabajo que puede combinarse de muchas maneras para crear proyectos para cada estación de trabajo que integra la línea. El balanceo de línea debe realizarse durante la preparación inicial de la misma, cuando una línea se re-balancea para modificar su tasa de producción por hora, o cuando se introducen cambios en el producto o el proceso. El objetivo es tener estaciones de trabajo con cargas de trabajo bien balanceadas (por ejemplo, que todas las estaciones tarden aproximadamente 5 minutos por cliente o por unidad procesada).

El analista comienza por separar las tareas en elementos de trabajo, que son las unidades de trabajo más pequeñas que puedan realizarse en forma independiente. A continuación, calcula el estándar de tiempo que corresponde a cada elemento e identifica los elementos de trabajo, llamados predecesores inmediatos, que deben llevarse a cabo antes de comenzar el siguiente.

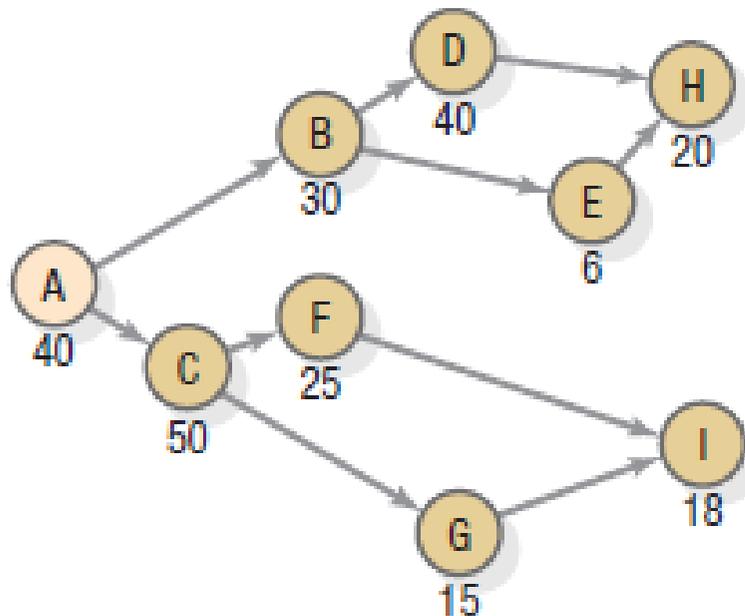
Diagrama de precedencia La mayoría de las líneas deben satisfacer algunos requisitos tecnológicos de precedencia; es decir, ciertos elementos de trabajo deben realizarse antes de que los siguientes puedan comenzar. Sin embargo, la mayoría de las líneas permiten también cierta latitud y más de una secuencia de operaciones. Como ayuda para visualizar mejor los predecesores inmediatos, se repasará el proceso de construcción de un diagrama de precedencia. Los elementos de trabajo se denotarán por medio de círculos, con el tiempo requerido para realizar el trabajo indicado debajo de cada círculo. Las flechas conducen de los predecesores inmediatos al siguiente elemento de trabajo. Cuadro N°11 ilustra un proceso de manufactura, pero un proceso de trastienda con flujo en línea también puede abordarse de la misma manera.

Cuadro N°11: Diagrama de Precedencia

Elemento de trabajo	Descripción	Tiempo (seg)	Predecesor(es) inmediato(s)
A	Atornillar el bastidor con patas a la tolva	40	Ninguno
B	Insertar eje del impulsor	30	A
C	Colocar eje	50	A
D	Colocar agitador	40	B
E	Colocar rueda motriz	6	B
F	Colocar rueda libre	25	C
G	Montar poste inferior	15	C
H	Colocar controles	20	D, E
I	Montar placa de especificaciones	18	F, G
		Total	244

Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

Figura N°22: Diagrama de Precedencia



Fuente: Administración de Operaciones. Lee Krajewsky; Larry Ritzman; Manoj Malhotra

Figura N°22 Se empieza con el elemento de trabajo A, que no tiene predecesores inmediatos.

A continuación, se agregan los elementos B y C, de los cuales el elemento A es el único predecesor inmediato.

Después de introducir los estándares de tiempo y las flechas que muestran la precedencia, se agregan los elementos D y E, y así sucesivamente. El diagrama simplifica la interpretación. Por ejemplo, el elemento de trabajo F se puede realizar en cualquier lugar de la línea después de que el elemento C quede concluido. Sin

embargo, el elemento I tendrá que esperar hasta que los elementos F y G estén terminados.

Punto de decisión La gerencia cuenta ahora con información suficiente para diseñar una distribución de flujo en línea que agrupe los elementos de trabajo para formar estaciones de trabajo. La meta es balancear las cargas de trabajo y, al mismo tiempo, minimizar el número de estaciones de trabajo requeridas.

1.- Tasa de producción deseada. El objetivo del balanceo de línea es ajustar la tasa de producción al personal o plan de producción. Por ejemplo, si el plan requiere 4000 unidades por semana (clientes o productos) y la línea opera 80 horas semanales, la tasa de producción deseada será, en condiciones ideales, de 50 unidades (4000/80) por hora. El ajuste de la producción a la demanda asegura entregas a tiempo e impide la acumulación de inventario indeseable o retrasos con los clientes. Sin embargo, los gerentes deben abstenerse de re-balancear la línea con demasiada frecuencia, porque cada vez que lo hacen es necesario rediseñar los puestos de muchos trabajadores de la línea, lo que perjudica temporalmente la productividad y, a veces, requiere incluso una nueva distribución detallada de algunas estaciones de trabajo.

2.- Tiempo de ciclo. Después de determinar la tasa de producción deseada para una línea, el analista puede calcular el tiempo de ciclo de la línea. El tiempo de ciclo de una línea es el tiempo máximo permitido para trabajar en la elaboración de una unidad en cada estación. Si el tiempo requerido para los elementos de trabajo en una estación es mayor que el tiempo de ciclo de la línea, la estación será un cuello de botella que impedirá que la línea alcance la tasa de producción deseada.

El tiempo de ciclo establecido como objetivo es el recíproco de la tasa de producción por hora que se desea alcanzar:

$$c = \frac{1}{r}$$

Dónde:

*c = tiempo de ciclo en horas por unidad*

*r = tasa de producción deseada en unidades por hora*

3.- Mínimo teórico. Con el fin de alcanzar la tasa de producción deseada, los gerentes usan el balanceo de línea para asignar cada elemento de trabajo a una estación, asegurándose de satisfacer todos los requisitos de precedencia y minimizar el número de estaciones,  $n$ , formadas. Si cada estación va a ser operada por un trabajador diferente, la minimización de  $n$  maximiza también la productividad del trabajador. El balanceo perfecto se alcanza cuando la suma de los tiempos de los elementos de trabajo en cada estación es igual al tiempo de ciclo,  $c$ , y no hay tiempos ociosos en ninguna estación. Por ejemplo, si la suma de los tiempos de los elementos de trabajo correspondientes a cada estación es de 1 minuto, y éste es también el

tiempo de ciclo, la línea alcanza el balanceo perfecto. Aunque por lo general no es posible alcanzar el balanceo perfecto en la práctica debido a las irregularidades de los tiempos de los elementos de trabajo y la inflexibilidad de los requisitos de precedencia, éste constituye un parámetro de referencia, o una meta, para determinar el menor número posible de estaciones. El mínimo teórico (TM) (del inglés theoretical minimum) para el número de estaciones es:

$$TM = \frac{\sum t}{r}$$

Dónde:

$$\sum t = \text{tiempo total requerido (suma de todos los tiempos estándar)}$$

$$c = \text{tiempo de ciclo}$$

4.- Tiempo ocioso, eficiencia y retraso del balanceo. Al minimizar automáticamente  $n$ , se garantiza: (1) tiempo ocioso mínimo; (2) eficiencia máxima, y (3) retraso mínimo del balanceo. El tiempo ocioso es el total de tiempo improductivo en todas las estaciones que participan en el ensamblaje de cada unidad:

$$\text{Tiempo ocioso} = nc - \sum t$$

Dónde:

$$n = \text{número de estaciones}$$

$$c = \text{tiempo de ciclo}$$

$$\sum t = \text{total de tiempo estándar requerido para ensamblar cada unidad}$$

La eficiencia es la razón del tiempo productivo al tiempo real, expresado como un porcentaje:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\sum t}{nc} (100)$$

5.- Retraso de balanceo. Es la cantidad que le falta a la eficiencia para alcanzar el 100%:

$$\text{Retraso de balanceo (\%)} = 100 - \text{Eficiencia}$$

Siempre que  $c$  sea fija, se pueden optimizar las tres metas si se minimiza  $n$ .

## 2.3 Definición de Términos

### **Cliente**

Persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio destinado a esa persona u organización o requerido por ella. Consumidor, cliente, usuario final, minorista, receptor de un producto o servicio de un proceso interno, beneficiario y comprador. Un cliente puede ser interno o externo a la organización.

### **Calidad**

Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie.

### **Cuello de botella**

En un proceso productivo, una fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global.

### **Características Críticas para la Calidad (QTC)**

Características o atributo del producto o servicio que es clave para conseguir la satisfacción del cliente (externo o interno)

### **Defectos de fabricación**

Son defectos ligados a la producción en serie, generalmente originados por una falla humana o mecánica, y no localizados por los controles de calidad existentes. Por lo general se califican como escapes o fugas dentro de normas o estándares internacionales como productos no conforme.

### **Defecto**

Cualquier CTQ que no alcance los niveles de presentación requeridos por el cliente.

### **Desperdicio**

Cualquier tarea o actividad del proceso que no agrega valor al resultado

### **Eficiencia**

Relación entre los resultados logrados y los recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipos, falta de material, retrasos, etc.

### **Eficacia**

Grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previstos son logrados

### **Oportunidad de defecto**

Cualquier suceso, que puede ser observado, que supone una oportunidad de no alcanzar los requerimientos de los clientes.

### **Productividad**

Es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Se incrementa maximizando resultados y/u optimizando recursos.

### **Producto**

Salida de una organización que puede producirse sin que se lleve a cabo ninguna transacción entre la organización y el cliente. Los materiales procesados generalmente son tangibles y su cantidad es una característica continua. Norma ISO 9000:2015

### **Procesos**

Un proceso es una serie de acciones u operaciones que transforman entradas en respuestas.

### **Servicio**

Salida de una organización con al menos una actividad, necesariamente llevada a cabo entre la organización y el cliente. Los elementos dominantes de un servicio son generalmente intangibles. Norma ISO 9000:2015.

### **Sistema**

Es un conjunto de componentes o elementos que interactúan entre sí, con el propósito o misión determinado. Un sistema recibe entradas de su entorno, transforma estas entradas en respuestas y entrega de estas respuestas de nuevo a su entorno. La realimentación de información respecto a la reacción del usuario del producto o servicio frente a las respuestas del sistema permite emprender acciones correctoras sobre aquellos que no se ajustan a las exigencias del usuario.

### **Stakeholders**

Stakeholders es una palabra inglesa, que en el ámbito de la empresa, significa parte interesada o interesado. Hace referencia sobre todo a las organizaciones o personas que toman parte en las decisiones de una compañía y que están afectadas por sus actividades. Se podrían considerar por los grupos de interés que rodean a la empresa.

### **Valor añadido**

Incrementado valor que experimentan un producto o servicio al ser "procesado". El valor lo aprecia el cliente del proceso (externo o interno).

### **Variación**

Se entiende por variación los cambios acaecidos en el valor de la característica medida, siendo esta característica la respuesta de un proceso determinado.

### **Variables críticas para la calidad**

Son aquellas en las que se refleja el desempeño y/o resultados de un proceso. Son las que realmente interesan al cliente e incluyen las características de calidad del producto.

# **CAPITULO 3**

# **DIAGNÓSTICO DE LA**

# **EMPRESA**

### 3.1 Datos generales de la empresa

La empresa Consorcio D&E S.A.C. cuyo RUC es el número 20440329455, es una organización perteneciente al rubro de conservación y refrigeración de alimentos, etc.

#### 3.1.1 Misión

En nuestra empresa asumimos el compromiso continuo de diseñar y desarrollar sus ideas para fabricar máquinas que satisfagan las necesidades de nuestros clientes a través de nuestra calidad.

#### 3.1.2 Visión

Lograr establecernos en una posición de liderazgo en el campo de la refrigeración comercial en el país al año 2022.

#### 3.1.3 Historia

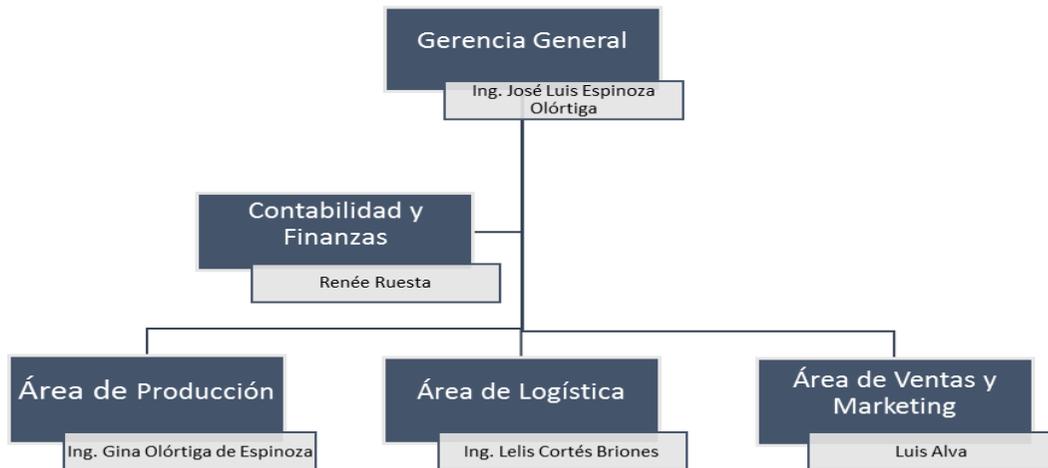
En el año 1982 una pareja de jóvenes ingenieros industriales, forman una pequeña empresa metal mecánica en la ciudad de Trujillo, fabricando muebles metálicos de oficina, para el hogar, y mobiliario educativo. Posteriormente se incursionó en el rubro hospitalario, ambientando los principales policlínicos de la región La Libertad, además de ser pioneros en la fabricación de ángulos ranurados en todo el norte del Perú.

Para el año 1989, se fabricó la primera congeladora. Así, se implementó la línea de refrigeración comercial bajo la marca de FRIONORT, que contaba con una amplia gama de equipos para bodegas, autoservicios, panaderías, etc. No eran épocas fáciles en el país, pero gracias a la perseverancia y al ingenio, la empresa logró consolidarse, contando con clientes como Coca Cola, Inca Cola, Pilsen Trujillo, Concordia, Casinelli y Kola Real; fabricándoles Visicoolers, Congeladoras y Cajas Térmicas. Los estándares solicitados y la creciente demanda, fueron motivo para estar a la vanguardia en tecnología. En 1993, se implementó el sistema de pintura electrostática en polvo al horno, se instaló el horno para curvado de cristales y se adquirió el equipo inyector de espuma de poliuretano. Fuimos una de las primeras empresas en el Perú en contar con estas tecnologías.

El nuevo milenio empezó con nuevos retos, proyectos como supermercados y restaurantes, nos eran confiados para su desarrollo e implementación integral. Hoy, nos vemos fortalecidos por el reconocimiento de nuestros clientes, y vemos el futuro con mucho optimismo para afrontar nuevos retos e ir alcanzando los objetivos trazados, y así asegurarle al inversionista local y extranjero una alternativa confiable.

### 3.1.4 Organigrama de la empresa

Imagen N°1: Organigrama de la Empresa Consorcio D&E S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.5 Competidores

A lo largo del tiempo han comenzado a surgir nuevas empresas que compiten con nuestro producto o servicio; de las cuales, podemos destacar las siguientes por el nivel de importancia en el mercado.

- REDISA
- VIMASA S.A.C.
- D'ACERO
- MARTIN'S
- FRIOSUR

### 3.1.6 Proveedores

- CONSORCIO ELECTRONIC S.A.C.
- COLD IMPORT S.A.
- SODIMAC PERÚ S.A.
- MATIZADOS AUTO PERU S.A.C.
- CLIMATEC PERÚ S.A.C.
- JCA ELECTRONICS E.I.R.L.
- INDUSTRIAS METALURGICO S.R.L.
- TECNOPLAS S.R.L.
- FERROCENTRO S.A.C.
- COVIALTON S.A.C.
- OXIGENO NARVA E.I.R.L.

- VIDRIERIA UNIVERSAL JJZ S.A.C.
- TERMOTECNIAPOR S.A.C.
- TRIMAFOR S.A.C.
- PROBINSE INDUSTRIAL S.A.C.
- REXEL PERÚ S.A.C.
- COMERCIAL RC S.A.C.
- GOLD SERVICE

### **3.1.7 Clientes**

- BACKUS
- GRUPO AJEPER
- CORPORACIÓN LINDLEY
- HOTEL COSTA DEL SOL, PIURA
- SHAM-BAR RESTOBAR, TRUJILLO
- QUIKSILVER, TRUJILLO
- SUPERMERCADOS PERUANOS, PLAZA VEA
- SQUALOS, TRUJILLO
- GOLF & COUNTRY CLUB
- EL REY DE LAS CREMOLADAS
- E. WONG S.A.
- CHIMÚ AGROPECUARIA
- ROMANO CRIOLLO
- SUPER PLAZA CHIMBOTE
- ASTURIAS CAFÉ
- RISAVA S.A.
- EL CHALAN S.A.C.
- MACCHIATO S.A.C.
- ESPERANZA NARVAEZ DE AGUIRRE
- QUIROZ MONTENEGRO NELLY

### **3.1.8 Lista de materiales**

Para la gran diversidad de productos según su modelo podemos nombrar los siguientes materiales como los más esenciales para la producción de nuestro producto bandera que son las conservadoras; de la cual detallamos posteriormente.

- ACERO BRILLANTE DE 0.6
- ACERO BRILLANTE DE 0.6

- GALVANIZADA DE 0.6
- ANGULO 1/8" X 1"
- PINTURA PARA BASE DE ANGULO
- RUEDAS
- TECNOPOR 2"
- POLIURETANO
- SOLDADURA INOX
- SOLDADURA PUNTO AZUL
- SIKA
- VIDRIO 6MM
- PERFILERIA DE ALUMINIO
- TUBO COBRE 1/2
- TUBO COBRE 3/8
- TUBO COBRE 1/4
- TUBO COBRE 3/16-CONDENSACIÓN
- ALUMINIO DE PLACAS
- COMPRESOR DE 1/3 HP-GL90 AN
- CONDENSADOR DE 12 CODOS
- MOTOVENT 10
- FILTRO SOLDABLE
- VALVULA SERVICIO
- GAS REFRIGERANTE R134A
- TUBO CAPILAR
- TERMOSTATO
- PERNERIA, CHAPITAS
- SOLDADURA DE PLATA
- BASE DE MOTOR
- IMAN
- EMPAQUETADURA DE IMAN
- SILICONA
- CABLE GPT # 16
- CABLE VULCAN. 3X16
- ILUMINACIÓN
- INTERRUPTOR
- ENCHUFE
- MANGUERA DE DESAGUE
- ACERO MATE 0.8MM BANDEJITA

### 3.1.9 Lista de productos

De la gran diversidad de productos que elabora Consorcio D&E S.A.C podemos clasificarlo según 10 clase del cual se divide en una serie de modelos.

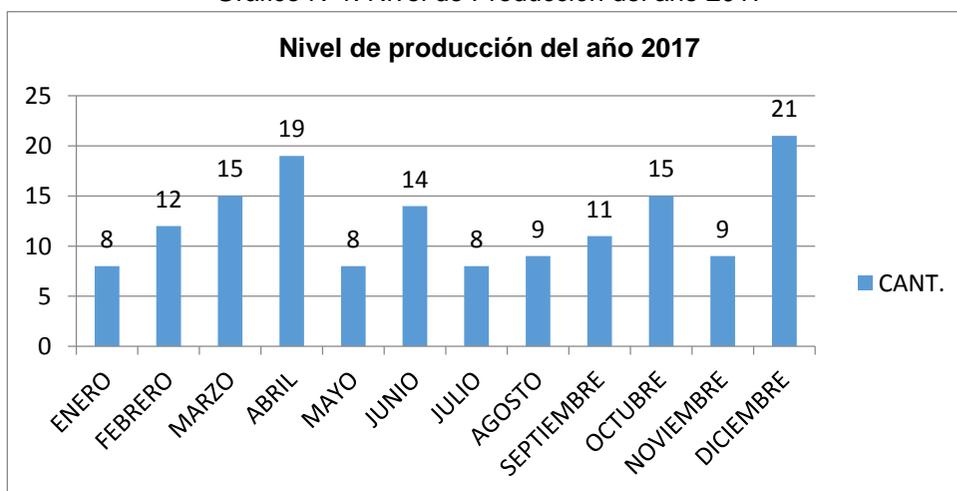
- CONSERVADORA
- CÁMARAS FRIGORÍFICAS
- HELADERAS
- PASTELERAS
- VITRINAS
- MURAL FRIGORÍFICO
- VISICOOLER
- CONGELADORA
- MESA DE REFRIGERACIÓN
- FRUTERAS

### 3.2 Resumen de producción del año 2017

La empresa Consorcio D&E S.A.C produce a pedido como a stock esta última para abastecer a la tienda que recién el año pasado ha abierto.

Tomando la información del último año de producción, esta empresa ha producido 149 productos comprendiendo las 10 clases existentes; teniendo como mes de más alta demanda el mes de diciembre y como producto bandera las conservadoras en especial el modelo estándar de acero brillante de 1.2\*0.8\*1.5. A continuación detallares estos resultados mediante los siguientes gráficos y cuadros.

Gráfico N°1: Nivel de Producción del año 2017



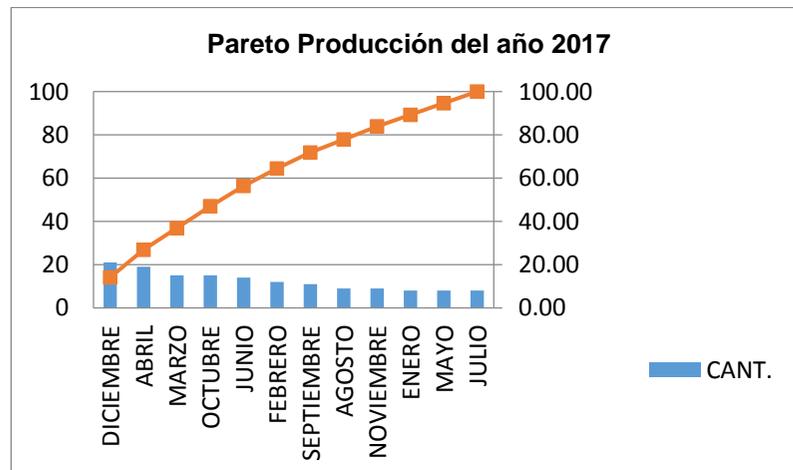
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°12: Nivel de Producción del año 2017

MES	CANT.	% ACUM.	%
DICIEMBRE	21	14.09	14.09
ABRIL	19	26.85	12.75
MARZO	15	36.91	10.07
OCTUBRE	15	46.98	10.07
JUNIO	14	56.38	9.40
FEBRERO	12	64.43	8.05
SEPTIEMBRE	11	71.81	7.38
AGOSTO	9	77.85	6.04
NOVIEMBRE	9	83.89	6.04
ENERO	8	89.26	5.37
MAYO	8	94.63	5.37
JULIO	8	100.00	5.37
TOTAL	149		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°2: Pareto Producción del año 2017



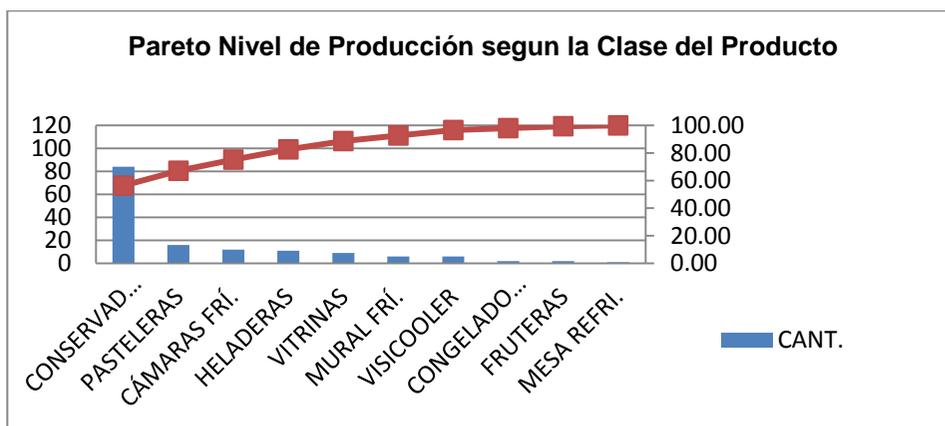
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°13: Pareto del Nivel de Producción según la clase de producto del año 2017

C. PRODUCTO	CANT.	% ACUM.	%
CONSERVADORA	84	56.38	56.38
PASTELERAS	16	67.11	10.74
CÁMARAS FRÍ.	12	75.17	8.05
HELADERAS	11	82.55	7.38
VITRINAS	9	88.59	6.04
MURAL FRÍ.	6	92.62	4.03
VISICOOLER	6	96.64	4.03
CONGELADORA	2	97.99	1.34
FRUTERAS	2	99.33	1.34
MESA REFRI.	1	100.00	0.67
TOTAL	149		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°3: Pareto del Nivel de Producción según la clase de producto del año 2017



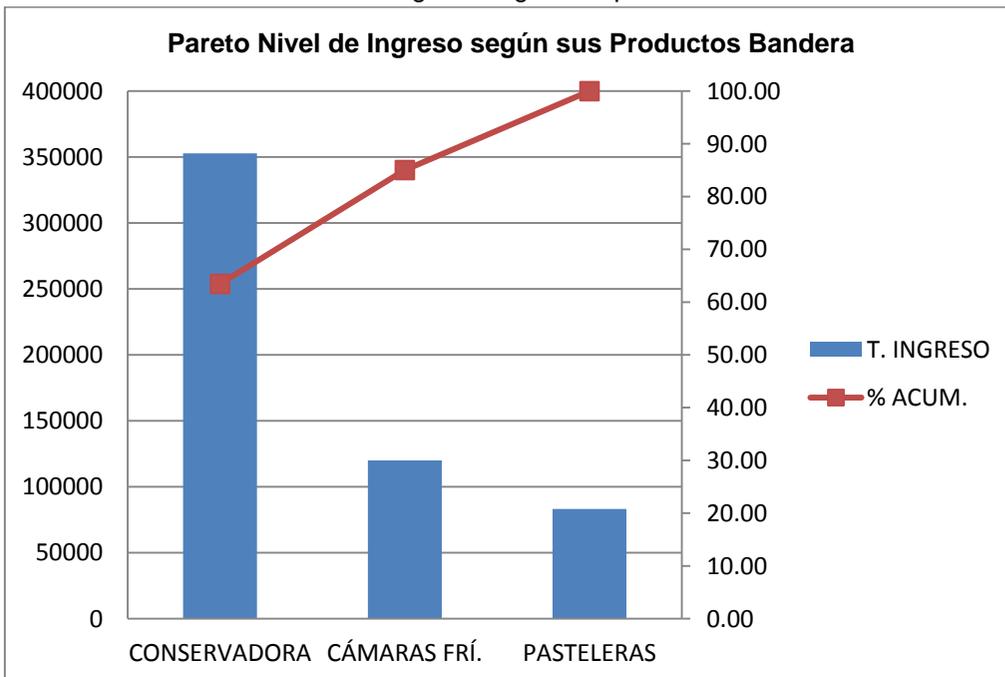
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°14: Pareto del Nivel de Ingreso según sus productos bandera del año 2017

C. PRODUCTO	CANT.	PRECIO PR.	T. INGRESO	% ACUM.	%
CONSERVADORA	84	4200	352800	63.45	63.45
CÁMARAS FRÍ.	12	10000	120000	85.04	21.58
PASTELERAS	16	5200	83200	100.00	14.96
TOTAL			556000		

Fuente: Elaboración Propia

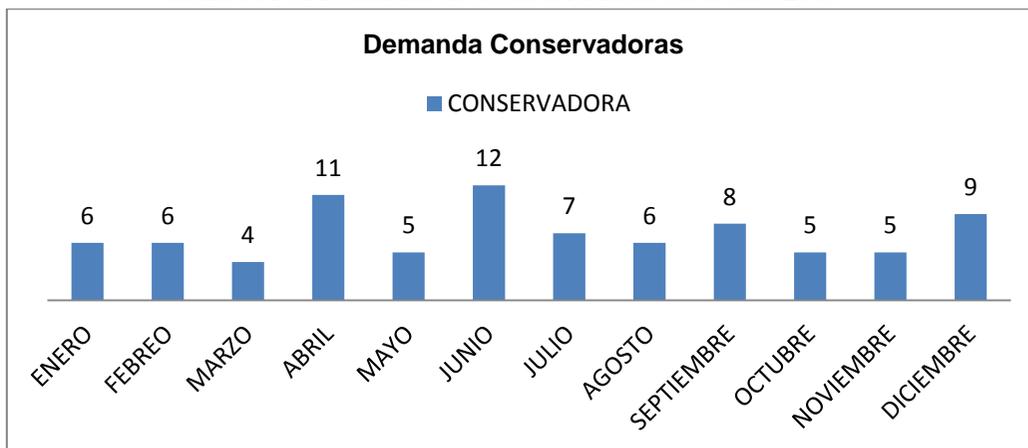
Gráfico N°4: Pareto del Nivel de Ingreso según sus productos bandera del año 2017



Fuente: Elaboración Propia

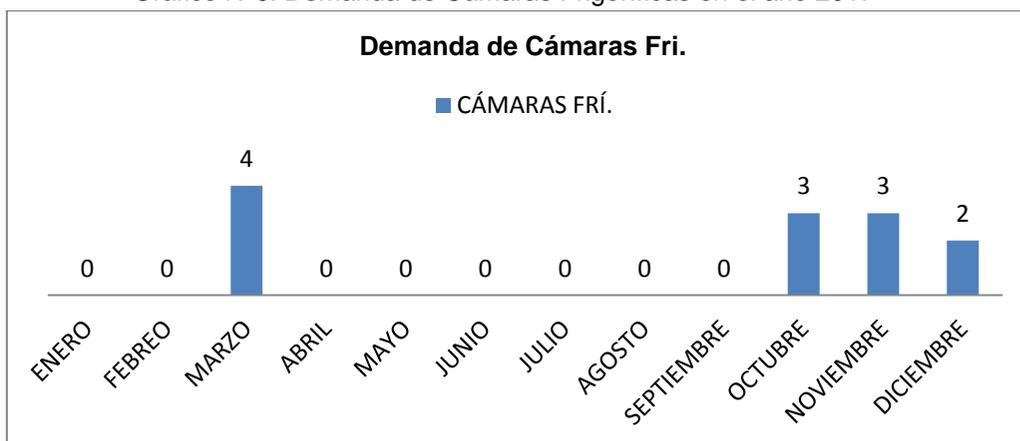
Ahora con lo establecido pasaremos a detallar la demanda por cada clase de producto.

Gráfico N°5: Demanda de Conservadoras en el año 2017



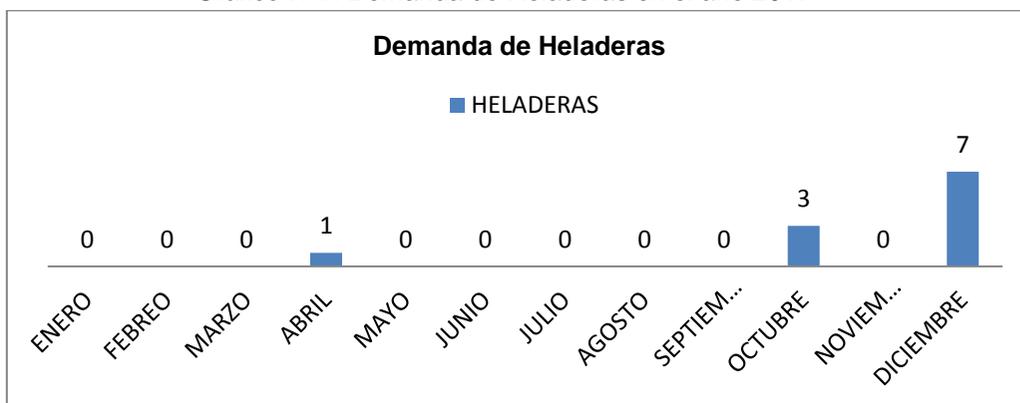
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°6: Demanda de Cámaras Frigoríficas en el año 2017



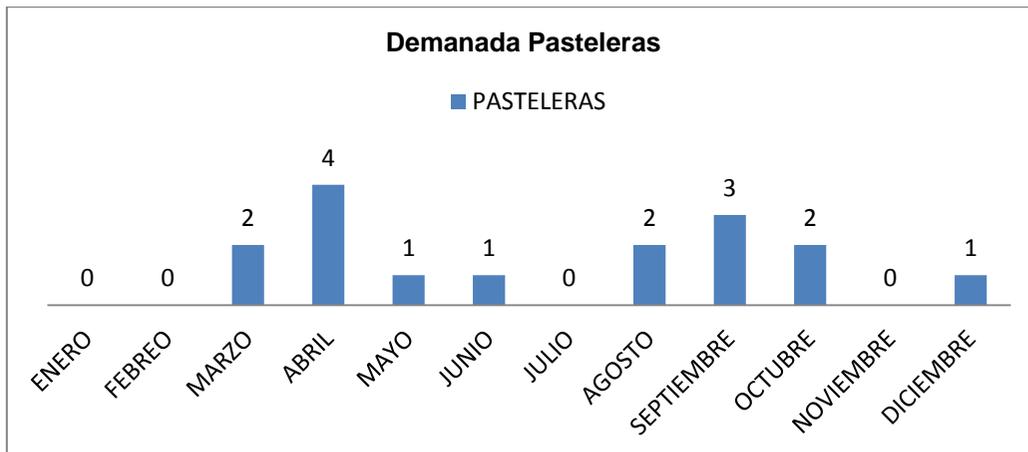
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°7: Demanda de Heladeras en el año 2017



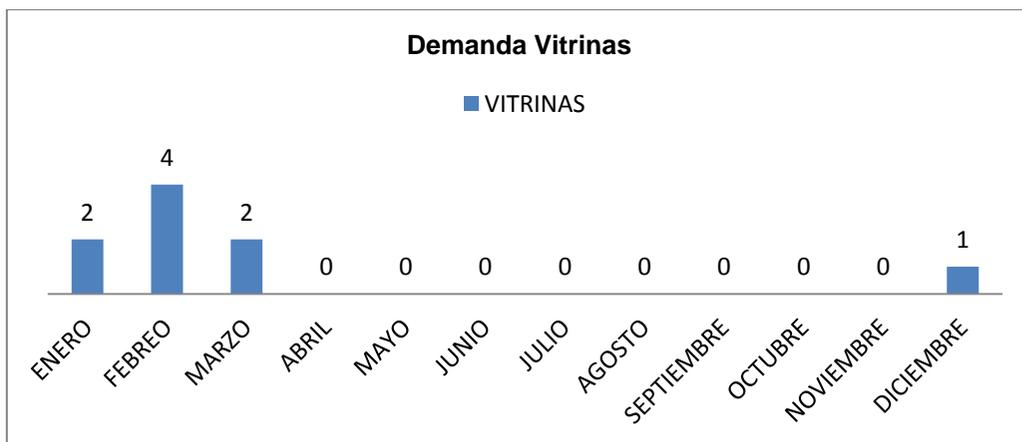
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°8: Demanda de Pasteleras en el año 2017



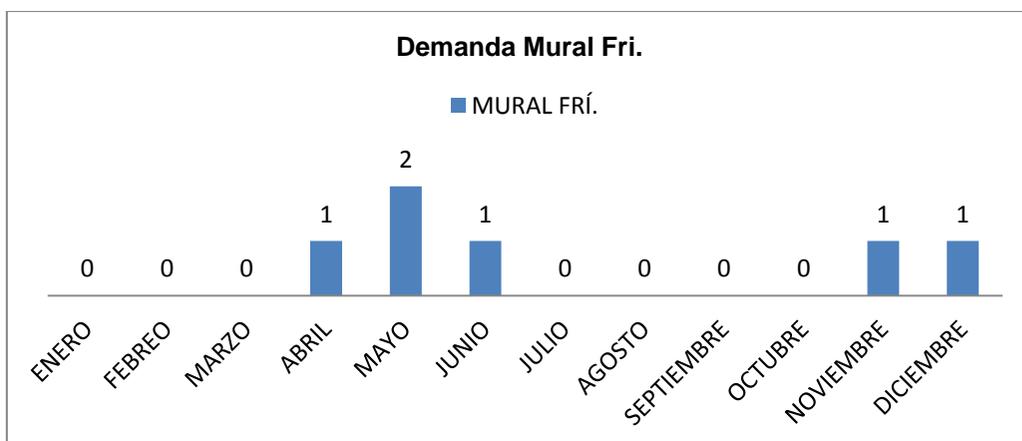
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°9: Demanda de Vitrinas en el año 2017



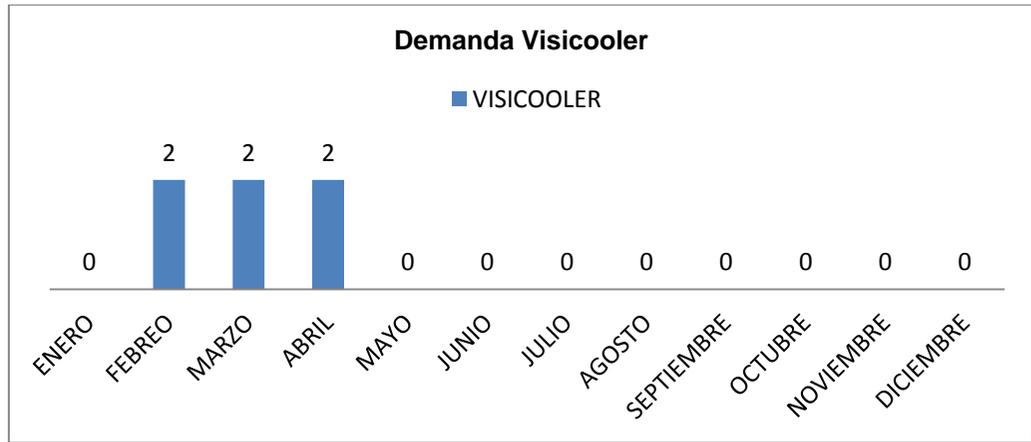
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°10: Demanda de Mural Frigorífico en el año 2017



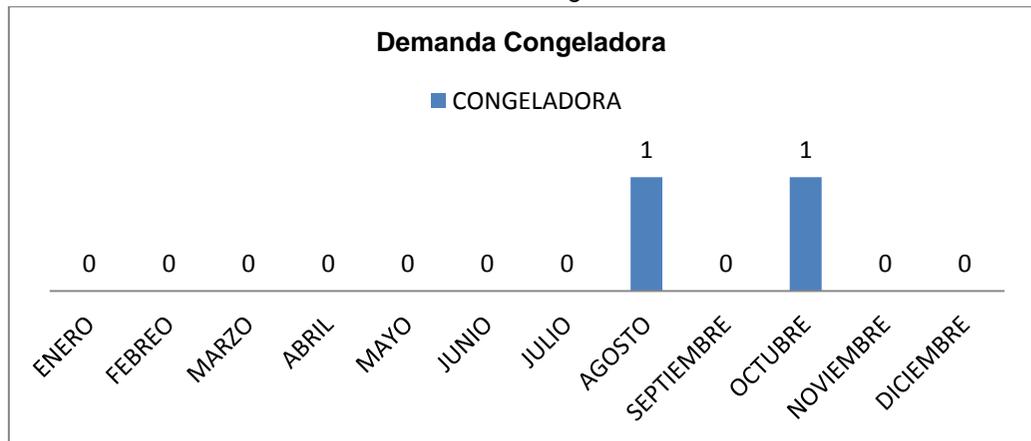
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°11: Demanda de Visicoolers en el año 2017



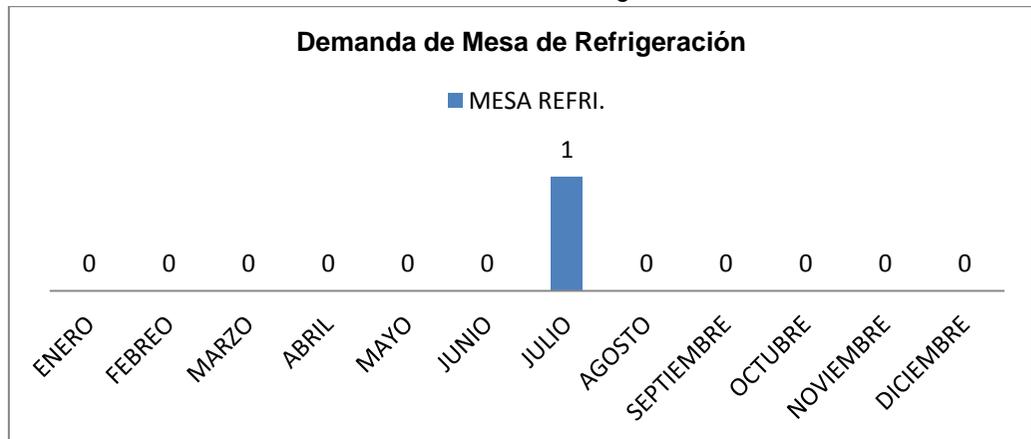
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°12: Demanda de las Congeladoras en el año 2017



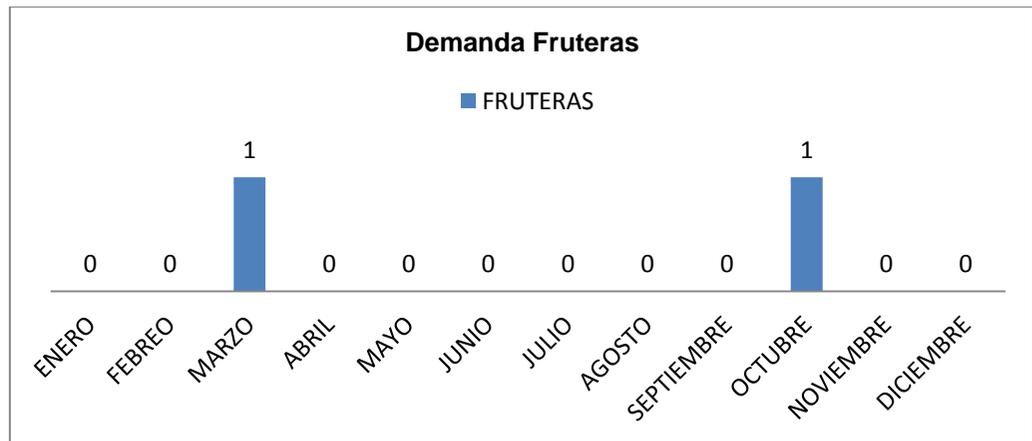
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°13: Demanda de Mesas de Refrigeración en el año 2017



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°14: Demanda de Fruteras en el año 2017



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.1. Descripción del área objetivo del análisis

- Producción

En el área de producción de Consorcio D&E S.A.C se puede observar en primera instancia el desorden de la planta que sin duda causa una serie de tiempos muertos por el excesivo número de recorridos, además de la larga distancia que hay entre áreas que están enlazadas y por ende generan altos costos innecesarios.

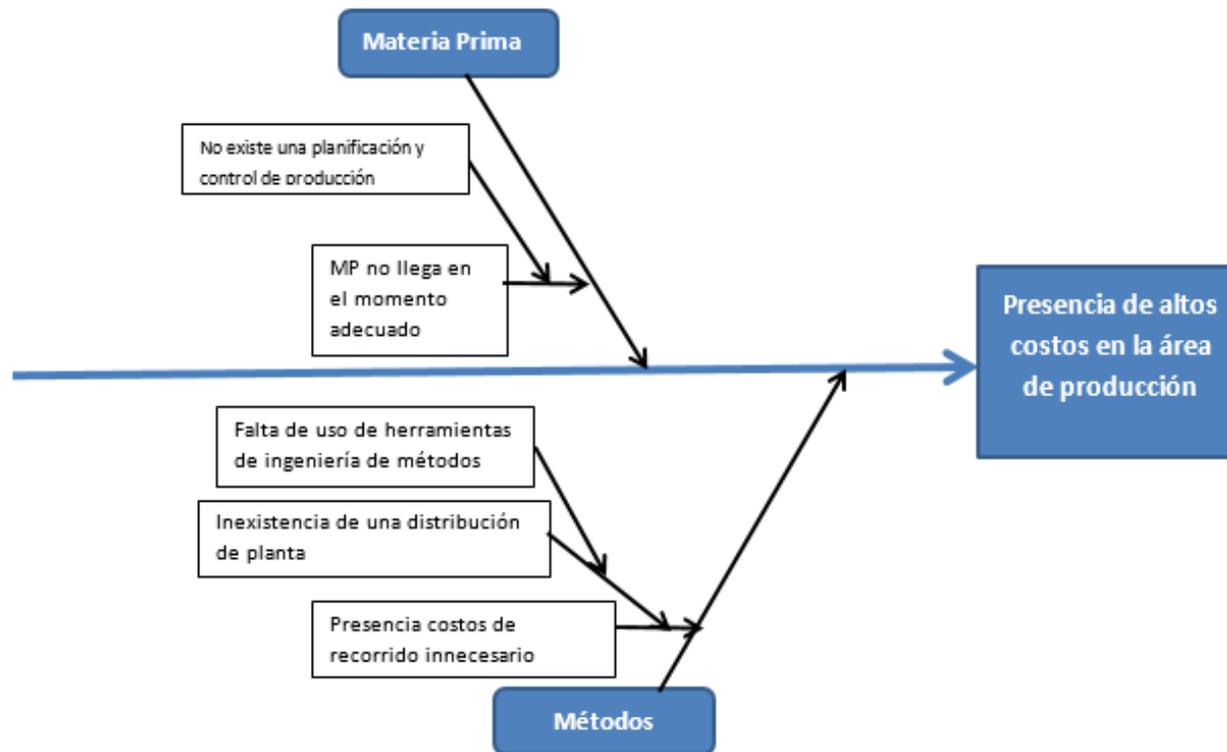
Otro punto que cabe mencionar es la falta de un plan de producción y control de los materiales, denotando problemas en el tiempo de llegada de estos.

- Calidad

Actualmente en la empresa Consorcio D&E S.A.C no posee una área de calidad formalmente dicha, sin embargo, aplican una serie de inspecciones a cada producto que sale de la línea de producción con una duración de un día para observar las inconformidades que pueda originarse en el producto durante la prueba; aun así, este método no les brinda los resultados esperados porque mediante la información estadística y los registros podemos deducir que hay altos niveles de productos no conformes y reclamos. Los reclamos se presentan con un tiempo promedio de 3 a 4 meses después que se efectuó la venta del producto.

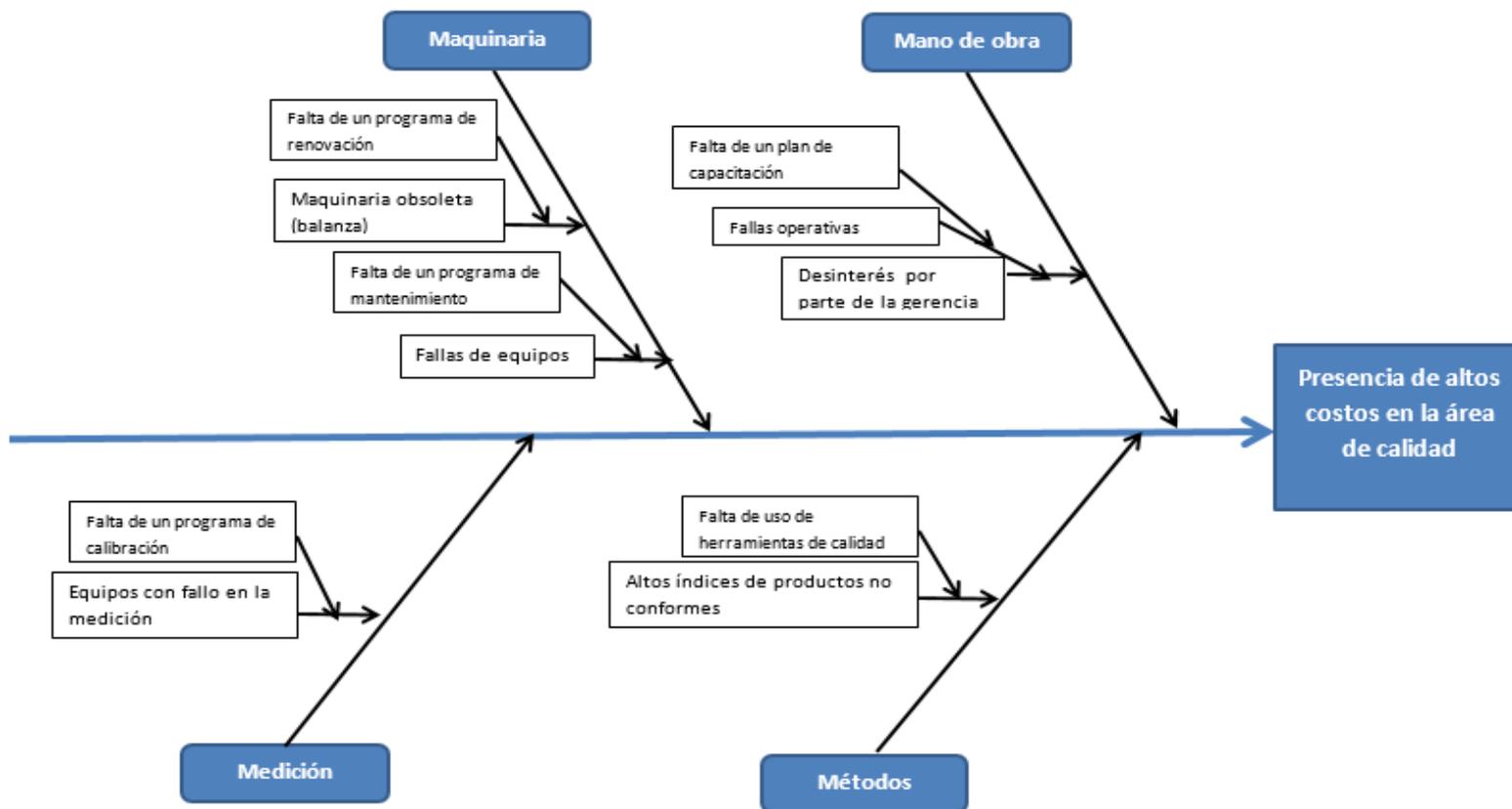
### 3.3 Identificación de la causas raíces

Figura N°23: Ishikawa área de producción



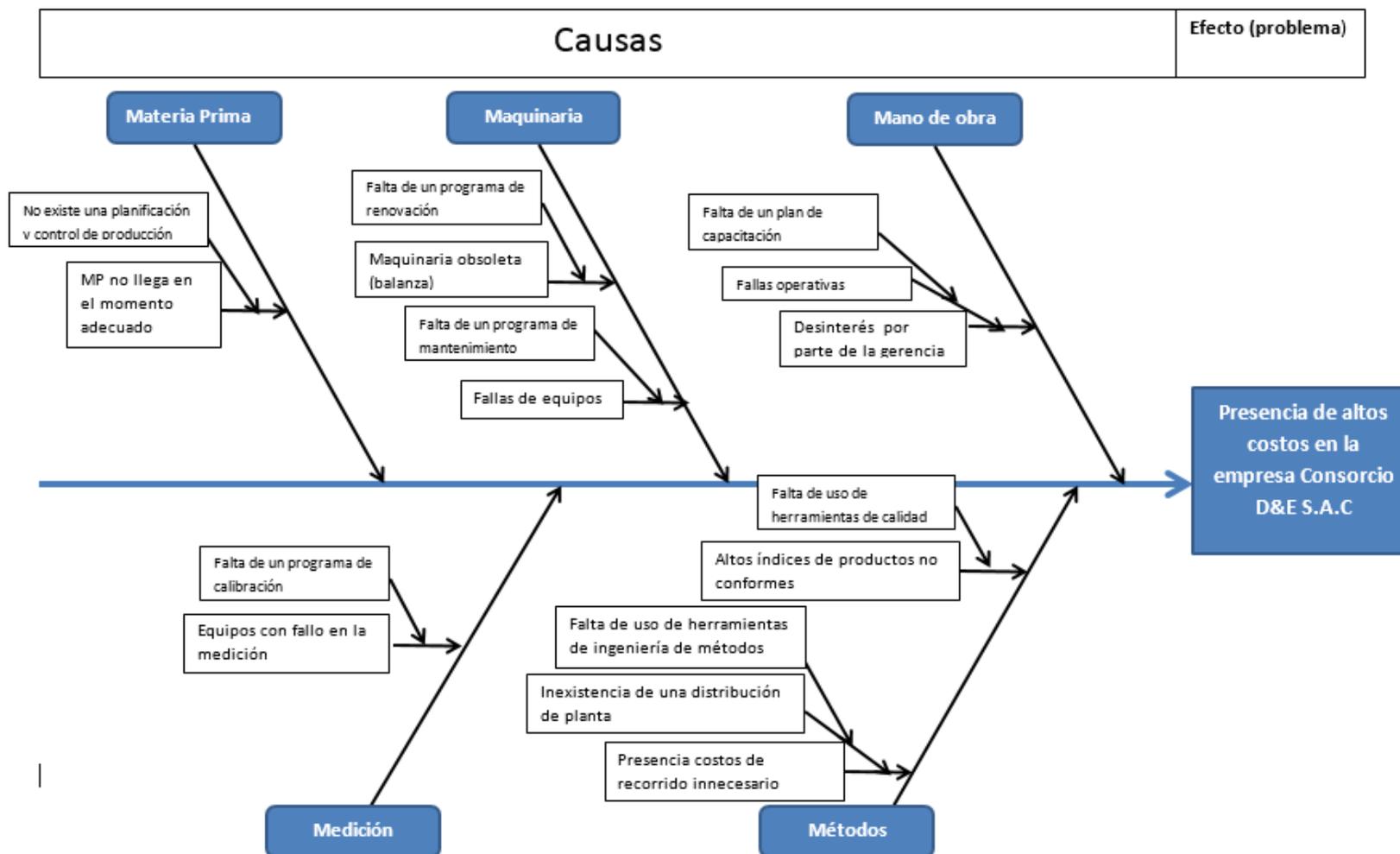
Fuente: Elaboración Propia

Figura N°24: Ishikawa área de calidad



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°25: Ishikawa integrado



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1 Descripción de las causas raíces

**Cr1:** Falta de un programa de renovación

**Situación:** Desperdicio ocasionado principalmente por la máquina manual de inyección de gas refrigerante.

**Solución:** Aplicar un programa de renovación basados en la minimización de costos

**Costo de Oportunidad:** S/. 122.15

**Cr2:** Falta de un programa de mantenimiento

**Situación:** Se registró 3 paradas por fallo en el horno ocasionando el paro de la línea de producción.

**Solución:**

Realizar un diagnóstico de criticidad para determinar el tipo de mantenimiento

Aplicar un programa de mantenimiento

**Costo de Oportunidad:** S/. 236.41

**Cr3:** Planificación y control de producción

**Situación:** Al año, cada mes se observa una tardanza en la llegada de la MP (planchas de acero) que se pide a Lima teniendo un retraso de 3 días.

**Solución:** Aplicar un Plan de Requerimiento de Materiales para el control de llegada de MP y la planificación de producción

**Costo de Oportunidad:** S/. 5,106.48

**Cr4:** Fallas operativas

**Situación:** Se observa sucesivos problemas en el producto terminado en la parte de calidad por descuido del operario

**Solución:** Aplicar un plan de capacitación

**Costo de Oportunidad:** S/. 693.16

**Cr5:** Falta de un programa de calibración

**Situación:** Problemas en la calibración del termostato ocasionando reclamos de los clientes.

**Solución:** Aplicar un programa de calibración de equipos.

**Costo de Oportunidad:** S/. 403.61

**Cr6:** Falta de uso de herramientas de calidad

**Situación:** Altos índices de productos no conformes

**Solución:** Aplicar la metodología Six sigma para mejora la calidad de los proceso y producto a la vez incrementar los ingresos y reducir costos.

**Costo de Oportunidad:** S/. 7,268.22

**Cr7:** Falta de uso de herramientas de ingeniería de métodos

**Situación:** Falta de una correcta distribución de planta, presencia de un alto valor de tiempo muerto generando altos costos a la empresa.

**Solución:** Aplicar los conocimientos que abarca ingeniería de métodos

**Costo de Oportunidad:** S/. 14.272.88

Cuadro N° 15: Tabla de Valorización

Causas Raíces	Valor Monetario
CR1	S/. 122.15
CR2	S/. 236.41
CR3	S/. 5,106.48
CR4	S/. 693.16
CR5	S/. 403.61
CR6	S/. 7,268.22
CR7	S/. 14.272.88

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 Priorización de la causas raíces elegidas

De acuerdo al siguiente diagrama de Pareto o ABC podremos establecer cual serán nuestras causas elegidas.

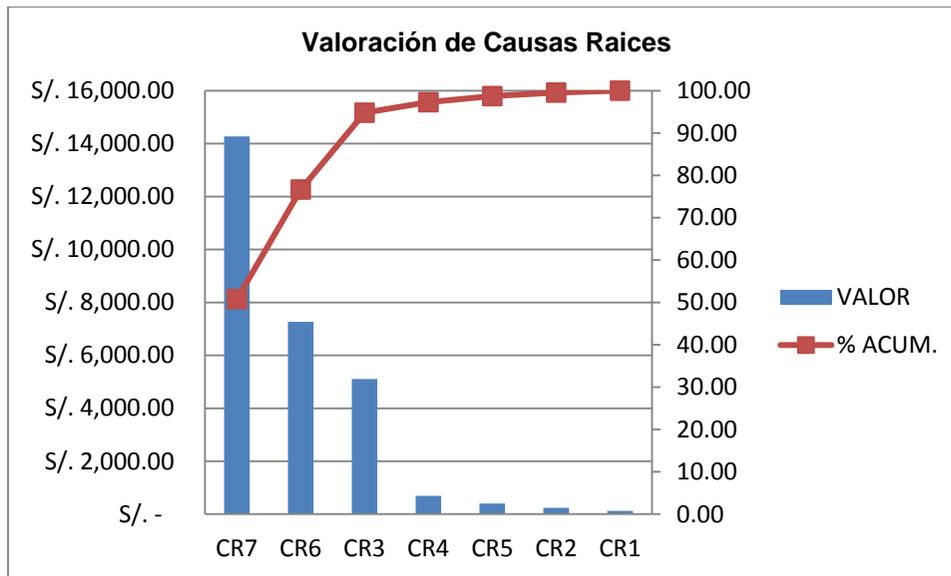
Como resultado que se aprecia en el siguiente cuadro y grafico podemos llegar que la causa CR7 (Falta de uso de herramientas de Ingeniería de Métodos) y la causa CR6 (Falta de uso de herramientas de calidad) son nuestras causas raíces principales con un valor monetario de S/. 14.272.88 y S/. 7,268.22 respectivamente.

Cuadro N°16: Pareto de valoración de las causas raíces

CAUSAS RAICES	VALOR	% ACUM.	%
CR7	S/. 14,272.88	50.79	50.79
CR6	S/. 7,268.22	76.65	25.86
CR3	S/. 5,106.48	94.82	18.17
CR4	S/. 693.16	97.29	2.47
CR5	S/. 403.61	98.72	1.44
CR2	S/. 236.41	99.57	0.84
CR1	S/. 122.15	100.00	0.43
TOTAL	S/. 28,102.91		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°15: Pareto de valoración de las causas raíces



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.3 Detalle cuantificado de la causas raíces elegidas

**Cr6:** Falta de uso de Herramientas de Calidad

**Situación:** Debido a altos índices de productos no conformes y reclamos por parte de los clientes por fallas en los modelos.

Los más importantes son por bloqueo de evaporadores, fallo en la congelación y hasta por quema de motor compresor ,ocasionan grandes costos que cubre la empresa; por haberse malogrado dentro de la garantía, además se incurre el costo por horas extras para los trabajadores que mayormente son el señor Gutiérrez o el señor Armando quienes son enviados a diagnosticar y proceder a su arreglo con un costo de 15 y 10 soles por hora respectivamente y un promedio de 3 horas por incidente fuera de la empresa.

**Solución:** Aplicar la metodología six sigma para mejora la calidad de los proceso y producto a la vez incrementar los ingresos y reducir costos

**Cuadro N°17: Cuadro Informativo de productos no conformes fuera y dentro de la empresa en el año 2017**

N°	Código	Resumen del Incidente	Que fallo	Dentro de la empresa	Fuera de la empresa	costos	Dentro de la garantía	Fuera de la garantía
1	84	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador		x	S/. 98	x	
2	89	Excesivo calentamiento de la maquina	Aislamiento		x	S/. 134	x	
3	100	Excesivo congelamiento y fallo en la calibración	Sobrecarga de gas		x	S/. 52	x	
4	no codigo	Descalibración de control digital	El control digital		x	S/. 352	x	
5	109	Quema de motor compresor	Motor compresor 1/2 HP		x	S/. 1,244	x	
6	121	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 98	x	
7	123	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 98	x	
8	126	Excesivo calentamiento de la maquina	Aislamiento		x	S/. 124	x	
9	135	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 98	x	
10	133	No congelaba	falta de gas		x	S/. 139	x	
11	137	Fuga de gas	Dejar abierta una válvula mal soldado de evaporadores	x		S/. 87		x
12	139	falla de un recibidor de liquidos	fallo de sistema de refri.	x		S/. 232		x
13	144	Bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Aislamiento		x	S/. 98	x	
14	147	Fallas estecticas por imperfectos	Armason con rayones		x	S/. 753	x	
15	157	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 116	x	
16	160	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 116	x	
17	162	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 116	x	
18	165	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 77	x	
19	166	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 77	x	
20	167	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 98	x	
21	168	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 98	x	
22	175	Aertura de laterales MDF	laterales MDF		x	S/. 349	x	
23	177	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	evaporador		x	S/. 98	x	
24	178	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 77	x	
25	183	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 77	x	
26	184	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador		x	S/. 98	x	
27	187	Defectos en la presentación	mal uso del cliente		x	S/. 66	x	
28	218	Humedimiento excesivo en los vidrios de la heladera, reproceso	falta de resistencia	x		S/. 545		x
29	203	bloqueo de evaporadores (se congela el evaporador no pasa el frio)	Evaporador		x	S/. 98	x	
30	209	Quema de motor compresor	compresor danfoss 5/8 hp		x	S/. 1,394	x	
31	216	Poco frío	Ventiladores		x	S/. 158	x	
<b>Total</b>				<b>3</b>	<b>28</b>	<b>S/. 7,268</b>	<b>28</b>	<b>3</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°18: Cuadro de costeo por cada producto no conforme dentro y fuera de la empresa en el año 2017

N°	Código	Operario	U-H	Costo de M.	CMO/H	Otros Costos	Horas P.	LC	Costo Total
1	84	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
2	89	Moises	S/. 15.76	S/. 10.38	S/. 9		5	S/. 79	S/. 134
3	100	Armando	S/. 15.76	S/. -	S/. 10	S/. -	2	S/. 32	S/. 52
4	no codigo	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. 90.00	8	S/. 126	S/. 352
5	109	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 600.00	S/. 17	S/. 120.00	16	S/. 252	S/. 1,244
6	121	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17		3	S/. 47	S/. 98
7	123	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
8	126	Moises	S/. 15.76	S/. -	S/. 9	S/. -	5	S/. 79	S/. 124
9	135	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
10	133	Armando	S/. 15.76	S/. 10.18	S/. 10	S/. -	5	S/. 79	S/. 139
11	137	Armando	S/. 15.76	S/. 10.18	S/. 10	S/. -	2.97	S/. 47	S/. 87
12	139	Armando	S/. 15.76		S/. 10	S/. -	9	S/. 142	S/. 232
13	144	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
14	147	Moises	S/. 15.76	S/. 389.98	S/. 9	S/. 140.00	9	S/. 142	S/. 753
15	157	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 18.00	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 116
16	160	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 18.00	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 116
17	162	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 18.00	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 116
18	165	Armando	S/. 15.76	S/. -	S/. 10	S/. -	3	S/. 47	S/. 77
19	166	Armando	S/. 15.76	S/. -	S/. 10	S/. -	3	S/. 47	S/. 77
20	167	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
21	168	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
22	175	Moises	S/. 15.76	S/. 200.00	S/. 9	S/. -	6	S/. 95	S/. 349
23	177	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
24	178	Armando	S/. 15.76	S/. -	S/. 10	S/. -	3	S/. 47	S/. 77
25	183	Armando	S/. 15.76	S/. -	S/. 10	S/. -	3	S/. 47	S/. 77
26	184	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
27	187	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	2	S/. 32	S/. 66
28	218	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 250.00	S/. 17	S/. -	9	S/. 142	S/. 545
29	203	Gutierrez	S/. 15.76	S/. -	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 98
30	209	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 750.00	S/. 17	S/. 120.00	16	S/. 252	S/. 1,394
31	216	Gutierrez	S/. 15.76	S/. 60.00	S/. 17	S/. -	3	S/. 47	S/. 158

Fuente: Elaboración Propia

**Costo de Oportunidad: S/. 7,268.**

**Proceso de Calculo:**

Cuadro N°19: Cuadro de costeo por la cantidad de recorridos por la mala distribución de planta en el año 2017

Area de Proceso	# de veces de recorrido	# de trabajadores en dicha área	# de veces de rec. * trabajador	Tiempo de rec. en segundos	Tiempo de rec. en horas	Tiempo en hrs. * (# de veces de rec. * trabajador)	Costo de recorrido diario	Costo de recorrido mensual	Costo de recorrido anual	Tiempo Total de recorrido anual
1. Ingreso de carga t descarga de MP y PT	1	4	4	1800	0.50000	2.000	-	13.43	161.11	24
2. Almacén de planchas LAC y LAF, águilos, platinas, etc.	25	2	50	30	0.00833	0.417	2.74	82.35	988.17	150
3. Almacén de plancha de acero brillante y tecnopol	150	2	300	120	0.03333	10.000	-	73.70	884.46	120
4. Área de soldadura y pintado de base, ensamble de ruedas	10	1	10	25	0.00694	0.069	0.48	14.37	172.47	25
5. Área de corte manual de plancha de acero inox	40	2	80	18	0.00500	0.400	4.03	120.78	1449.39	144
6. Área de doblado	80	1	80	10	0.00278	0.222	1.58	47.36	568.36	80
7. Corte y ensamble de evaporadores	20	1	20	30	0.00833	0.167	1.10	32.86	394.34	60
8. Área de refrigeración	30	1	30	30	0.00833	0.250	4.22	126.60	1519.20	90
9. Área de corte de vidrio y pulido de vidrio	30	1	30	40	0.01111	0.333	2.63	78.85	946.18	120
10. Ensamble de estructuras y refrigeración	50	3	150	30	0.00833	1.250	11.64	349.33	4192.02	450
11. Área de prueba, instalación eléctrica e inspección	70	2	140	20	0.00556	0.778	7.96	238.76	2865.13	280
12. Área de embalado	4	1	4	20	0.00556	0.022	0.15	4.40	52.83	8
13. Almacén PT	4	1	4	30	0.00833	0.033	0.22	6.60	79.24	12
<b>Total</b>									<b>S/. 14,272.88</b>	<b>1563.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.4 Matriz de programación de la causas raíces elegidas

Cuadro N°20: Matriz de programación de la causas raíces elegidas

Causa Raíz	Indicador	Valor Actual	Valor Meta	Metodología
CR6	Nivel de insatisfacción de los clientes (%NSC)	19%	1%	SIX SIGMA
	Producto no conforme(%PNC)	21%	3%	
	Margen porcentual entre gasto promedio por fallo de producto entre el costo de producción (%MGP)	8%	1%	
	% Tiempos muertos	36.4%	0%	
CR7	% Tiempo de recorrido anual por la mala distribución de planta	4.02%	1.2%	INGENIERÍA DE MÉTODOS
	Utilidad por producto	S/.15.76	S/.24.77	
	Productividad	2.91%	4.57%	

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPITULO 4**

# **SÓLUCIÓN PROPUESTA**

## APLICACIÓN METODOLOGÍA SIX SIGMA

### 4.1 Fase definir

En esta primera fase de la metodología DMAIC (en sus siglas en inglés) o DMAMC (Definir, Medir, Analiza, Mejorar y Controlar en español), se definirá los proceso o áreas que generan un alto impacto en la empresa como en la satisfacción de los clientes, se presentará mediante Pareto los mayores gastos por mala calidad que perjudican a la empresa, además, se usará la matriz QFD (*Quality Funtion Deployment*) para encontrar los procesos más importantes según el cliente, los diagramas de proceso, el SIPOC del proceso, el cuadro del proyecto y la designación del equipo para el proyectó Six Sigma.

#### 4.1.1 Costo de mala calidad orientada a la empresa

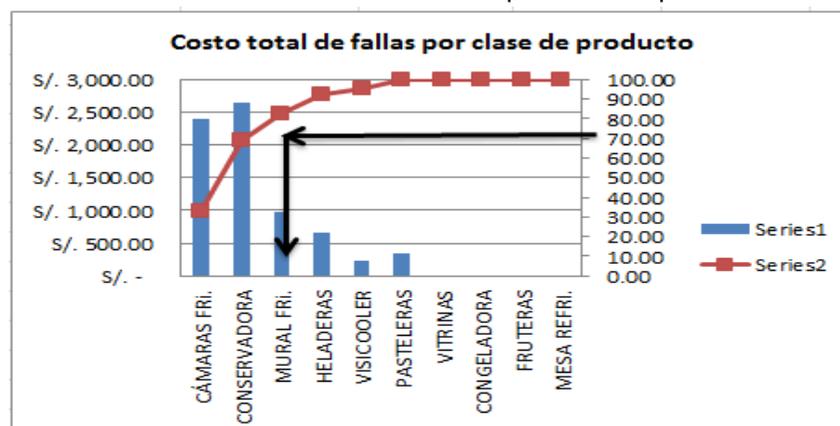
A continuación en el cuadro N°21 y gráfico N°16 mostraremos según la clase de producto cuales son los costos por mala calidad que más afectan a la empresa y la cantidad de ocurrencia que tuvieron en el año 2017; teniendo como resultado la conservadora, el mural frigorífico y la cámara frigorífica y un costo de oportunidad mediante la propuesta de mejora de s/6'032.62.

Cuadro N°21: Pareto costo total de fallas por clase de producto

C. PRODUCTO	COSTO	% ACUM.	%
<b>CÁMARAS FRÍ.</b>	S/. 2,638.34	<b>36.30</b>	36.30
<b>CONSERVADORA</b>	S/. 2,402.40	<b>69.35</b>	33.05
<b>MURAL FRÍ.</b>	S/. 984.67	<b>82.90</b>	13.55
<b>HELADERAS</b>	S/. 668.65	92.10	9.20
<b>VISICOOLER</b>	S/. 225.59	95.20	3.10
<b>PASTELERAS</b>	S/. 348.56	100.00	4.80
<b>VITRINAS</b>	S/. -	100.00	0.00
<b>CONGELADORA</b>	S/. -	100.00	0.00
<b>FRUTERAS</b>	S/. -	100.00	0.00
<b>MESA REFRI.</b>	S/. -	100.00	0.00
TOTAL	S/. 7,268.22		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°16: Costo total de fallas por clase de producto



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2 Descripción de los problemas (Variable Y “efectos o problemas”)

##### **Bloqueo de evaporadores**

Este problema se da en las conservadoras cuando el cliente hace un mal uso de su función de conservar pasándola a congelar esto ocasiona que el líquido que se traslada por los evaporadores se congele bloqueándolo y naturalmente impidiendo su funcionamiento.

##### **Sobre calentamiento de la máquina**

Este problema ocurre en las conservadoras cuando la estructura externa se sobrecaliente, muchas veces ocasionando lesiones a los clientes por quemaduras cuando está en contacto. Esto es causado por la mala posición de la tubería de condensación o por la falta de aislamiento.

##### **Excesivo congelamiento de la máquina**

Este problema ocurre en las conservadoras cuando en lugar de conservar los alimentos, los congela.

##### **Des calibración del control digital**

Este problema ocurrió por una mala programación de los niveles o rangos de congelación.

##### **Quema de motor Condensador**

Este problema se dio en la cámara frigorífica por una equivocada disposición del tipo de motor condensador según la clase de producto.

##### **Falla en el receptor de líquidos**

Este problema se dio en el mural frigorífico por una equivocada disposición del tipo de receptor de líquidos según la clase de producto.

##### **Fallas estéticas en la estructura de la maquina**

Este problema se dio en el mural frigorífico por presentar varios rallones en su estructura de acero dando una mala presentación del producto.

##### **Baja congelación**

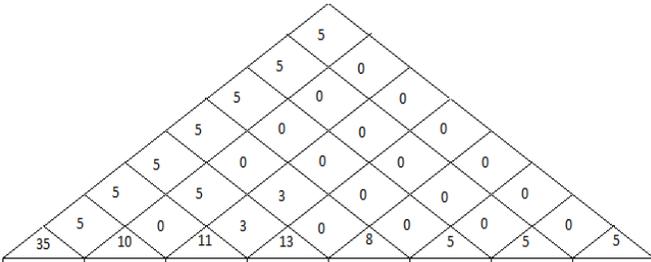
Este problema se dio en la conservadora por una equivocada disposición del tipo de ventiladores según la clase de producto

### 4.1.3 Matriz QFD (Quality Function Deployment)

Con la finalidad de determinar los requerimientos del cliente (CTQ'S), las áreas que generan mayor impacto en los requerimientos de los clientes como, también, una comparación preliminar con nuestro competidor. Para ello se desarrollará la matriz QFD (Despliegue de Función de Calidad por sus siglas en inglés) teniendo como enfoque la voz del cliente.

Se tomó como fuente de información para su elaboración los siguientes puntos: Metas del negocio, encuesta, entrevistas, discusión con la alta gerencia y las tendencias del mercado a través de información estadística. En la figura N°26, se plasma la matriz QFD, en el cual, en función a los requerimientos del cliente se cuantifica la intensidad de la relación de cada CTQ contra cada área para la fabricación del producto solicitado por el cliente. De acuerdo, a los siguientes resultados obtenidos de la matriz, el área de acción para su estudio mediante la metodología Six sigma será el área de estructura interna, área de refrigeración y área de aislamiento e instalación de tubería de condensación.

Figura N°26: Matriz QFD

											Competidor
Ponderación de Cómo		5	3	3	3	1	1	1	1		
Qué: CTQ(características críticas para la calidad)	Cómo: Proceso Productivo										
	Ponderación Qué	Área de estructura interna	Área de estructura externa	Área de refrigeración	Área de instalación de tubería de condensación	Área de ensamble de evaporadores	Área de fabricación de puertas, bandejas y molduras	Área de armado y pintado de base	Área de cristales	Friosur	
Diseño	Rallones	5	5	5	0	0	0	3	1	5	0
	Abolladuras	3	5	5	0	0	0	3	1	3	0
	Sin grumos	3	5	3	0	0	0	3	1	3	1
	Pintura	3	0	0	0	0	0	0	5	0	3
	Peso (liviano)	1	5	1	5	1	1	1	1	3	3
	Tamaño	1	5	5	0	0	0	0	0	0	3
	Movilidad	1	0	0	0	0	0	0	5	0	3
Funcionalidad	Buena conservación	5	0	0	5	5	3	0	0	0	5
	Sobrecalentamiento	5	0	0	3	5	3	0	0	0	1
	Resistencia ante C.C	3	0	0	5	3	3	0	0	0	3
	Facil uso	1	0	0	5	0	0	0	0	0	3
Ponderación Absoluta		325	165	195	180	40	34	32	46		
Ponderación Relativa		10.15625	5.15625	6.09375	5.625	1.25	1.0625	1	1.4375		
Prioridad		1	4	2	3	6	7	8	5		

Prioridad	valor
Sin prioridad	0
Baja	1
Media	3
Alta	5

Ponderación	valor
Fuerte	5
Media	3
Baja	1
Nada	0

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.4 Cuadro de proceso de alto impacto a estudiar

El cuadro N°22 nos muestra de manera más detallada los procesos de alto impacto según la empresa y los clientes, adicionalmente, las variables a estudiar y su rango de especificaciones.

Cuadro N°22: Cuadro de proceso de alto impacto

Problemas	Área	Proceso	Variable	Rango de Espec.
Bloqueo de Evaporadores				
Excesivo calentamiento de la maquina	Área de aislamiento e instalación de tubería de condensación	Instalación de tubería de condensación	Posición	4- 6 cm de la estructura externa
Excesivo congelamiento y falla en la calibración	Área de Refrigeración	Instalación de Gas Refri.	Gr. De gas refrigerante	350-360 gr
Descalibración de control digital				
Quema de motor compresor				
Falla de un receptor de líquidos				
Fallas estéticas por imperfectos				
Bajo congelamiento				
Desperdicio por espera innecesaria de procesos	Área de Estructura Interna	Marcar y cortar planchas	Dimensiones Tina de bodega (área)	0.59 - 0.61 m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

El problema desperdicio por espera de proceso se focaliza en el diagrama de proceso de anexo N°1, en donde, se muestra que el área de estructura interna pierde 750 minutos por esperar a la culminación del área de estructura externa debido a que se presenta una gran variabilidad en la dimensiones de las estructuras interna evitan que tengan moldes prediseñados para cada tamaño y clase de producto.

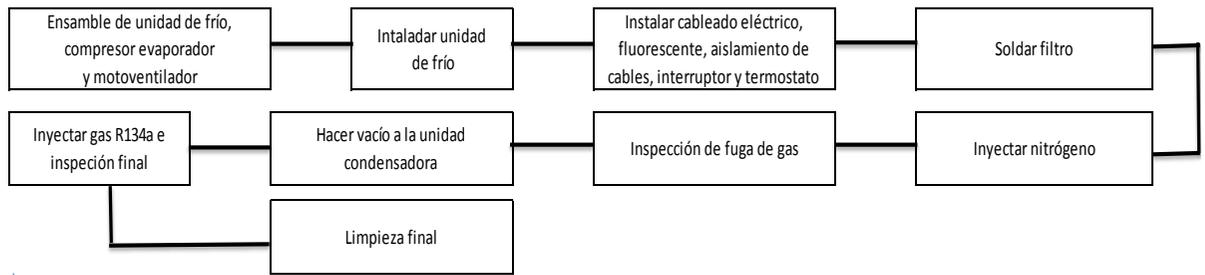
#### 4.1.5 Diagramas de proceso detallado

A continuación se presentaran los mapas de proceso de nivel 1, 2, 3 (figura N°27, 28, 29, 30 respectivamente).

Estos mapas de flujo del proceso muestran la interrelación de la empresa, cliente y proveedores (Nivel 1). Luego, se identifica el flujo del proceso en la producción (Nivel 2). Finalmente, se muestra a detalle el proceso de las áreas a estudiar a través de SIPOC (Nivel 3).



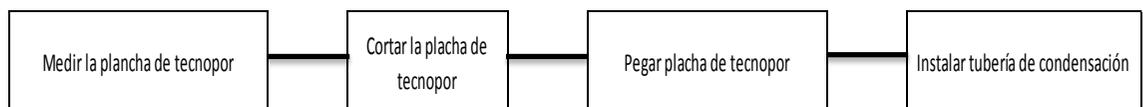
Figura N°29: SIPOC del proceso de instalación de gas refrigerante



SUPPLIERS (PROVEEDORES)	IMPUTS (ENTRADAS)	PROCESS (PROCESOS)-ÁREA DE REFRIGERACIÓN	OUTPUTS (SALIDAS)	CUSTOMERS (CLIENTES)
Área de estructura interna y externa	Evaporador, motoventilador, compresor	Ensamble de unidad de frío, compresor evaporador y motoventilador	Producto terminado	Almacén de PT
Área de aislamiento	Gas de nitrógeno y gas refrigerante	Instalación de unidad de frío		Tienda Frionort
Área de ensamblado de evaporadores	fluorescentes, interruptor, termostato, cables	Instalar cableado eléctrico, fluorescente, aislamiento de cables, interruptor y termostato		Cliente externos
Área de fabricación de moldura, puertas y bandejas	Estructura interna y externa ensamblada	Soldar Filtro		
Área de armado y pintado de base		Inyectar nitrógeno		
Área de cristales		Inspección de fugas de gas		
		Hacer vacío de unidad condensadora		
		inyectar gas R134a e inspección final		
		Limpieza final		

Fuente: Elaboración Propia

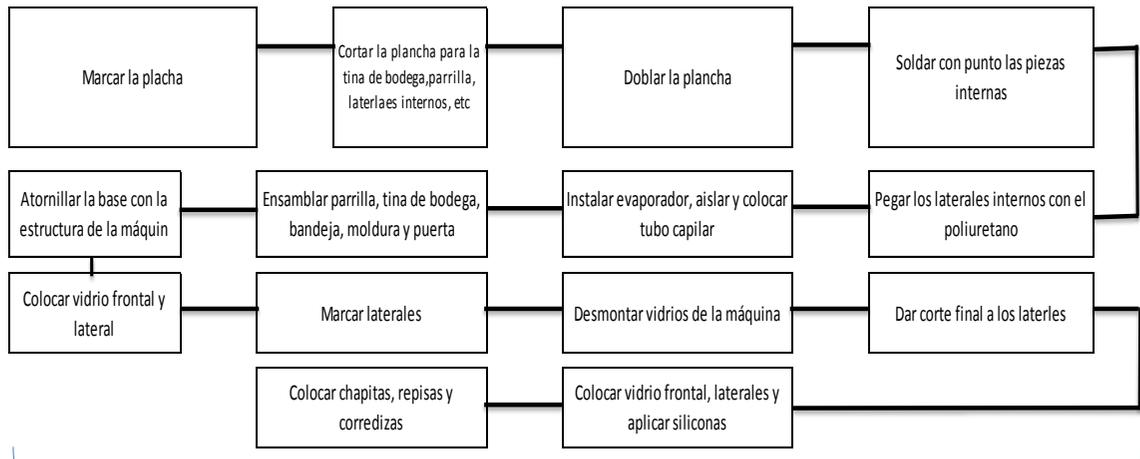
Figura N°30: SIPOC del proceso de instalación de tubería de condensación



SUPPLIERS (PROVEEDORES)	IMPUTS (ENTRADAS)	PROCESS (PROCESOS)-ÁREA DE AISLAMIENTO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONDESACIÓN	OUTPUTS (SALIDAS)	CUSTOMERS (CLIENTES)
Área de estructura externa	Estructura externa	Medir la plancha de tecnopor	Estructura externa con aislamiento y tubería de condensación	Área de estructura interna
	Plancha de Tecnopor	Cortar la plancha de tecnopor		
	3/8 Gl. De fórmula de poliuretano	Pegar plancha de tecnopor		
	tubería de condensación	Instalar tubería de condensación		

Fuente: Elaboración Propia

Figura N°31: SIPOC del proceso de instalación de marcar y cortar planchas



SUPPLIERS (PROVEEDORES)	IMPUTS (ENTRADAS)	PROCESS (PROCESOS)-ÁREA DE ESTRUCTURA INTERNA	OUTPUTS (SALIDAS)	CUSTOMERS (CLIENTES)
Área de estructura externa	Estructura externa con aislamiento y tubería de condensación	Marcar la placa	Estructura externa e interna con aislamiento, tubería de condensación y vidrios	Área de refrigeración
		Cortar la plancha para la tina de bodega, parrilla, laterales internos, etc		
Área de aislamiento e instalación de tubería de condensación		Doblar la plancha		
	3/8 GI. De poliuretano	Pegar los laterales internos con el poliuretano		
	3.1m. Tubo capilar	Instalar evaporador, aislar y colocar tubo capilar		
Área de fabricación de puertas, bandejas y molduras	Puertas, molduras y bandejas	Ensamblar parrilla, tina de bodega, bandeja, moldura y puerta		
Área de armado y pintado de base	base pintada	Atornillar la base con la estructura de la máquina		
Área de cristales	Vidrio	Colocar vidrio frontal y lateral		
Área de refrigeración	Unidades de fría	Marcar laterales		
		Desmontar vidrios de la máquina		
		Dar corte final a los laterles		
		Colocar vidrio frontal, laterales y aplicar silicona		
	13 chapitas, 13 stove bols con tuerca de 3/4	Colocar chapitas, repisas y correderizas		

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.6 Cuadro del proyecto Six Sigma

Cuadro N°23: Cuadro del proyecto

Nombre del proyecto	Reducción de la variabilidad presente en los procesos de instalación de tubería de condensación, inyección de gas refrigerante y marcar y cortar estructura interna
Definición	A raíz de un creciente nivel de fallas en los productos en el año 2017 se decidió estudiar los procesos de alto impacto y reducir su variación.
Objetivos	Reducir la tasa de fallas mediante soluciones eficientes a bajos costo.
Metas	Cumplir con las especificaciones o requerimientos del cliente
Alcance	El estudio del proyecto abarca toda el departamento de producción específicamente las áreas de estructura interna, externa y el área de refrigeración
Voz del negocio	La empresa Consorcio D&E S.A.C espera que mediante este proyecto se elimine los tiempos muertos y el nivel de la tasa de fallas
Duración	20/02/18 – 20/04/18

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7 Designación del equipo Six Sigma

A continuación como parte de nuestro proyecto en el cuadro N°23 se determinará al equipo de calidad y su función.

Cuadro N°24: Equipo Six sigma

Cargo dentro del proyecto	Cargo dentro de la empresa	Función
Champion y/o patrocinador	Gerente de la planta	Aportar datos e información sobre la empresa. Ser el nexo entre la alta dirección y el equipo. Responsable de garantizar el éxito del proyecto.
Master Black Black (MBB)	Jefe de calidad (contratación)	Realizar asesorías y dirige el proyecto. Mantener una cultura de calidad dentro de la empresa.
Black Black (BB)	Asistente de calidad (contratación) Jefe de planta	Dedicarse exclusivamente a la realización del proyecto Six Sigma y dirige pequeños grupos. Analiza y recolecta datos.
Green Belt	Asistente de producción	Recolectar datos. Dar seguimiento. Dedicación parcial a la realización del Six Sigma.
Yellow Belt	Operarios de cada proceso	Recolectar datos , "Operario que tiene problemas en su área"

Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 Fase Medir

En la segunda fase de la metodología DMAIC “Medir” diagnosticaremos la realidad del problema mediante, la identificación de las causas raíces, la realizaremos del análisis y validación de los datos obtenidos de cada proceso de alto impacto, luego determinaremos la capacidad y desempeño de proceso como el nivel de defectos por millón de oportunidades. Para ello empleáramos las siguientes herramientas: Repetitividad y reproducibilidad (R&R) para el análisis del sistema de medición, gráficos de control o cartas de control, Capacidad del proceso (Cp, Cpk) y DPMO “Defecto por millón de oportunidades”.

### 4.2.1 Identificación de las causas raíces

En el cuadro N°25 se identificará la causa raíz para cada tipo de problema encontrado.

Cuadro N°25: Causas Raíces

Problema	Causa	Causa n1	Causa Raíz “ x’s vitales”
Sobrecalentamiento de la máquina	Inadecuada instalación de tubería de condensación	Mala posición dentro de sistema interno de la máquina	Falla de diseño del producto
Desperdicios por espera innecesaria del proceso	Tiempo muertos en el área de estructura interna	Falla en el diseño del producto “dimensiones por pieza para su ensamble”	
Excesivo congelamiento	Sobrecarga de gas refrigerante	Uso de equipos obsoletos	Falta de un programa de renovación de equipos
Fallas estéticas en las estructura de la máquina	Presencia de rallones en el armazón	Mal proceso de embalaje	Método de trabajo no estandarizado
Bloqueo de Evaporadores	Mal uso por parte del cliente	Falta de asesoría por parte de la empresa sobre el producto	
Des calibración del control digital	Mala programación del control digital	Falta de un manual	
Quema del motor compresor	Ineficiente disposición de equipos según la clase de producto	Falta de un manual	
Falla del receptor de líquidos	Ineficiente disposición equipos según la clase de producto	Falta de un manual	
Bajo congelamiento	Ineficiente disposición equipos según la clase de producto	Falta de un manual	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2 Análisis de sistema de medición

Para el análisis de medición de los procesos de alto impacto se calculará primero el tamaño de la muestra.

##### Calculo del tamaño de la muestra:

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

n: tamaño de muestra

N: Población de 84 refiriéndose a la producción de conservadoras en el año 2017

Z: 1.96, se trabaja con un nivel de confianza del 95%

d: nivel de precisión del 5%

p: 50% (que se dé una inconformidad)

q: 50% (que no se de una inconformidad)

De acuerdo a la fórmula establecida el tamaño de la muestra para cada proceso a estudiar es de 70 muestras.

A continuación en los siguientes cuadros se expresarán los datos recogidos de los tres procesos.

En el cuadro N°26 los valores hacen referencia a la cantidad de gas refrigerante en gramos que ingresa al producto; perteneciente al proceso de inyección de gas refrigerante del área de refrigeración.

Cuadro N°26: Datos del proceso de inyección de gas refrigerante

N° de muestra	valor (gramos)						
1	350	19	350	37	345	55	355
2	362	20	359	38	350	56	360
3	350	21	353	39	365	57	356
4	350	22	359	40	366	58	356
5	365	23	356	41	345	59	364
6	345	24	360	42	355	60	353
7	361	25	365	43	366	61	350
8	355	26	365	44	349	62	370
9	360	27	367	45	345	63	350
10	365	28	370	46	366	64	356
11	368	29	362	47	367	65	360
12	366	30	365	48	365	66	355
13	361	31	364	49	360	67	350
14	360	32	360	50	360	68	361
15	366	33	360	51	350	69	356
16	369	34	360	52	351	70	350
17	366	35	366	53	355		
18	365	36	352	54	356		

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N°27 los valores hacen referencia a la posición de la tubería de condensación con respecto a la estructura externa en cm, perteneciente al proceso de instalación de tubería de condensación del área de aislamiento e instalación de tubería de condensación.

Cuadro N°27: Datos del proceso de instalación de tubería de condensación

N° de muestra	valor (cm)						
1	4	19	4.1	37	5	55	5.5
2	4	20	4.5	38	3.9	56	5
3	4.5	21	4	39	3.9	57	5
4	3.5	22	4	40	5	58	3.9
5	4	23	4.2	41	3.8	59	4.6
6	4	24	4	42	4.5	60	4
7	4.5	25	4	43	4	61	4.2
8	4	26	4	44	4.5	62	4.5
9	4.2	27	4.2	45	4.5	63	4.1
10	4	28	5	46	4.2	64	4.3
11	4.5	29	4	47	4	65	4.5
12	4.3	30	4.6	48	4	66	4.5
13	4	31	4.7	49	4	67	4
14	5	32	4	50	4.3	68	5.3
15	5.1	33	4	51	4	69	5
16	5	34	4.9	52	4.5	70	4
17	5	35	5	53	4.2		
18	4	36	5.4	54	5.4		

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro N°28 los valores hacen referencia al área de una pieza de la tina de bodega pertenece al proceso de marcar y cortar estructura interna, del área de estructura interna.

Cuadro N°28: Datos del proceso de marcar y cortar estructura interna

N° de muestra	valor (m <sup>2</sup> )	N° de muestra	valor (m <sup>2</sup> )	N° de muestra	valor (m <sup>2</sup> )	N° de muestra	valor (m <sup>2</sup> )
1	0.65	19	0.6	37	0.63	55	0.6
2	0.6	20	0.62	38	0.59	56	0.61
3	0.5	21	0.61	39	0.55	57	0.6
4	0.51	22	0.6	40	0.53	58	0.57
5	0.56	23	0.5	41	0.54	59	0.58
6	0.63	24	0.59	42	0.52	60	0.59
7	0.53	25	0.51	43	0.53	61	0.55
8	0.53	26	0.52	44	0.53	62	0.56
9	0.6	27	0.53	45	0.55	63	0.55
10	0.67	28	0.53	46	0.5	64	0.59
11	0.6	29	0.53	47	0.59	65	0.61
12	0.5	30	0.6	48	0.54	66	0.6
13	0.54	31	0.61	49	0.54	67	0.59
14	0.58	32	0.6	50	0.56	68	0.58
15	0.53	33	0.6	51	0.55	69	0.58
16	0.54	34	0.58	52	0.58	70	0.6
17	0.52	35	0.54	53	0.57		
18	0.5	36	0.59	54	0.59		

Fuente: Elaboración

#### 4.2.3 Validación del sistema de validación

Para la validación del sistema de medición se utilizará la prueba de repetitividad y reproducibilidad (R&R), por esto, se seleccionarán 10 muestras para cada operario involucrado en el proceso con un total de dos mediciones por cada uno.

Cuadro N°29: Muestras del proceso de inyección de gas refrigerante

Operarios	Muestras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gutierrez	352	340	355	361	369	350	365	346	360	366
Gutierrez	350	340	353	360	370	355	366	349	365	366
Pool	350	340	353	360	370	355	369	345	366	364
Pool	353	340	355	361	370	355	370	346	367	366
Armando	350	345	353	359	370	354	365	346	365	366
Armando	350	340	352	360	370	356	360	346	365	366

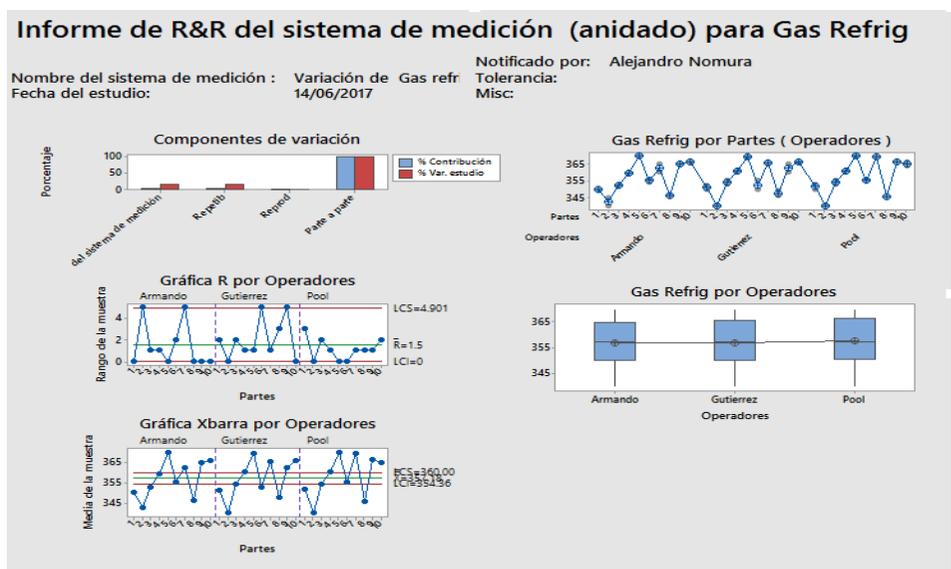
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las siguientes figuras podemos concluir lo siguiente.

En la figura N°32 en el grafico componentes de variación se observa que es un proceso de poca variación, en el grafico R por operario, el operario Pool es el mejor porque tiene la menor variación con respecto a los otros 2 operarios; en el grafico X barra por operario se observa los puntos de mayor variación en cada operario en el proceso, Debido a que es un prueba R&R tipo anidado “porque solo se puede tomar la medida un sola vez por operario” no se presenta el grafico de interacción partes operarios.

En la figura N°33 se muestra el R&R total con un porcentaje de variación de 16.15% y con un número de categorías distintas de 8 siendo este valor superior a 5, así podemos decir que nuestro sistema de medición es confiable; además; existe una variación parte a parte de 98.69% y con un porcentaje de contribución a la variación en nuestro proceso de 2.61% siendo muy poco e insignificante.

Figura N°32: Informe de R&R



Fuente: Elaboración propi

Figura N°33: Informe porcentual de R&R

**R&R del sistema de medición**

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	2.4500	2.61
Repetibilidad	2.4500	2.61
Reproducibilidad	0.0000	0.00
Parte a parte	91.4389	97.39
Variación total	93.8889	100.00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	1.56525	9.3915	16.15
Repetibilidad	1.56525	9.3915	16.15
Reproducibilidad	0.00000	0.0000	0.00
Parte a parte	9.56237	57.3742	98.69
Variación total	9.68963	58.1378	100.00

Número de categorías distintas = 8

**Informe de R&R del sistema de medición (anidado) para Gas Refrig**

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°30: Muestras del proceso de instalación de tubería de condensación

Muestras										
Operarios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pool	4	4.1	4	4	4.3	4	5	4	4	4.1
Pool	4	4	4	4	4.3	4	5.1	4.1	4	4
Armando	4	4.2	4	4.2	4.3	4	5	4	4.1	4
Armando	4	4	4	4	4.4	4	5	4	4	4

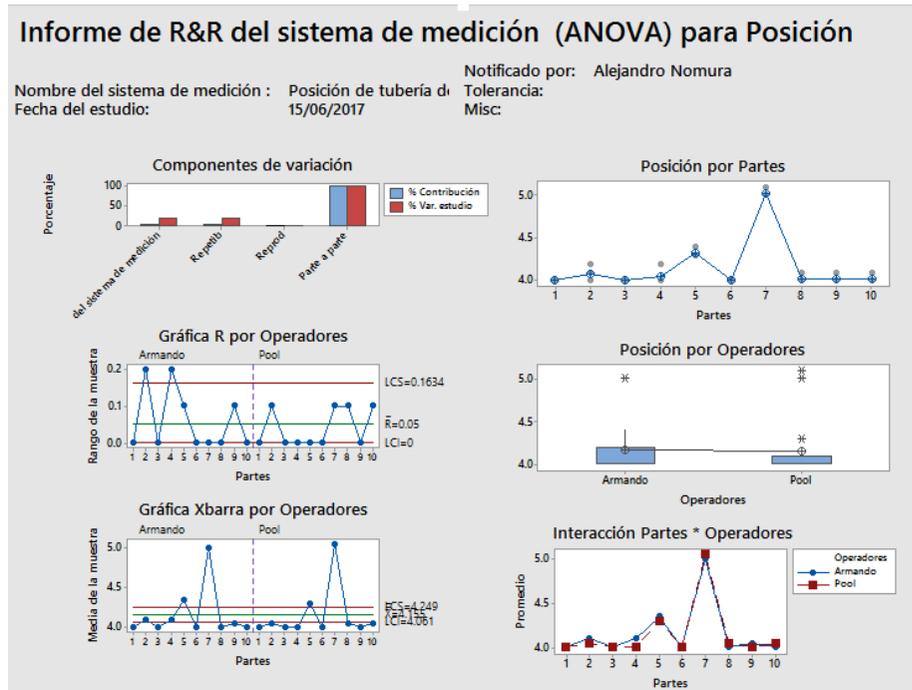
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las siguientes figuras podemos concluir lo siguiente.

En la figura N°34 en el grafico componentes de variación se observa que es un proceso de poco variación, en el grafico R por operario, el operario Pool es el mejor porque tiene la menor variación con respecto al otro operario; en el grafico X barra por operario se observa los puntos de mayor variación en cada operario en el proceso, en el grafico interacción partes operarios nos muestra la reproducibilidad mostrándonos en el gráfico una poco reproducibilidad.

En la figura N°35 se muestra el R&R total con un porcentaje de variación de 17.54% y con un número de categorías distintas de 7 siendo este valor superior a 5, así podemos decir que nuestro sistema de medición es confiable; además; existe una variación parte a parte de 98.45% y con un porcentaje de contribución a la variación en nuestro proceso de 3.08% siendo muy poco e insignificante.

Figura N°34: Informe de R&R



Fuente: Elaboración propia

Figura N°35: Informe porcentual de R&R

**R&R del sistema de medición**

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.003241	3.08
Repetibilidad	0.003241	3.08
Reproducibilidad	0.000000	0.00
Operadores	0.000000	0.00
Parte a parte	0.102079	96.92
Variación total	0.105320	100.00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 x DE)	%Var. estudio (\$VE)
Gage R&R total	0.056933	0.34160	17.54
Repetibilidad	0.056933	0.34160	17.54
Reproducibilidad	0.000000	0.00000	0.00
Operadores	0.000000	0.00000	0.00
Parte a parte	0.319497	1.91698	98.45
Variación total	0.324530	1.94718	100.00

Número de categorías distintas = 7

**R&R del sistema de medición para Posición**

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°31: Muestras del proceso de marcar y cortar estructura interna

Operarios	Muestras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gerson	0.6	0.5	0.53	0.53	0.66	0.57	0.6	0.53	0.52	0.63
Gerson	0.6	0.51	0.52	0.53	0.67	0.59	0.58	0.54	0.52	0.62
Ivan	0.61	0.5	0.51	0.53	0.65	0.59	0.58	0.55	0.53	0.63
Ivan	0.6	0.53	0.52	0.53	0.66	0.58	0.59	0.53	0.53	0.61

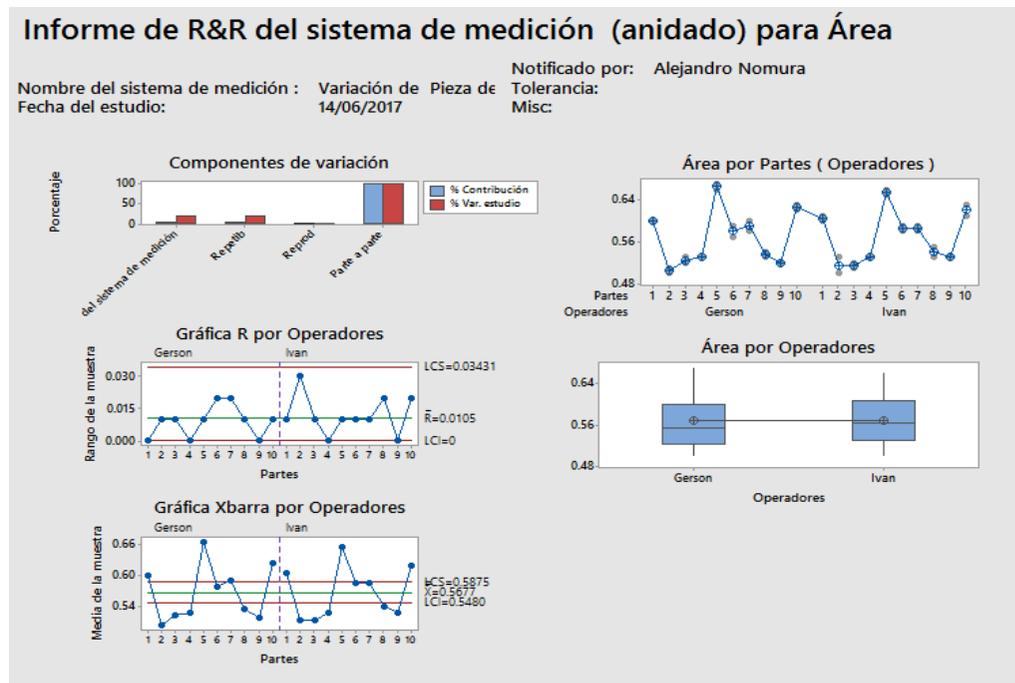
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las siguientes figuras podemos concluir lo siguiente.

En la figura N°36 en el grafico componentes de variación se observa que es un proceso de poca variación, en el grafico R por operario, el operario Gerson es el mejor porque tiene la menor variación con respecto al otro operario; en el grafico X barra por operario se observa los puntos de mayor variación en cada operario en el proceso, Debido a que es un prueba R&R tipo anidado “porque solo se puede tomar la medida un sola vez por operario” no se presenta el grafico de interacción partes operarios.

En la figura N°37 se muestra el R&R total con un porcentaje de variación de 18.26% y con un número de categorías distintas de 7 siendo este valor superior a 5, así podemos decir que nuestro sistema de medición es confiable; además; existe una variación parte a parte de 98.32% y con un porcentaje de contribución a la variación en nuestro proceso de 3.33% siendo muy poco e insignificante.

Figura N°36: Informe de R&R



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°37: Informe porcentual de R&R

**R&R del sistema de medición**

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.0000875	3.33
Repetibilidad	0.0000875	3.33
Reproducibilidad	0.0000000	0.00
Parte a parte	0.0025381	96.67
Variación total	0.0026256	100.00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.0093541	0.056125	18.26
Repetibilidad	0.0093541	0.056125	18.26
Reproducibilidad	0.0000000	0.000000	0.00
Parte a parte	0.0503791	0.302275	98.32
Variación total	0.0512402	0.307441	100.00

Número de categorías distintas = 7

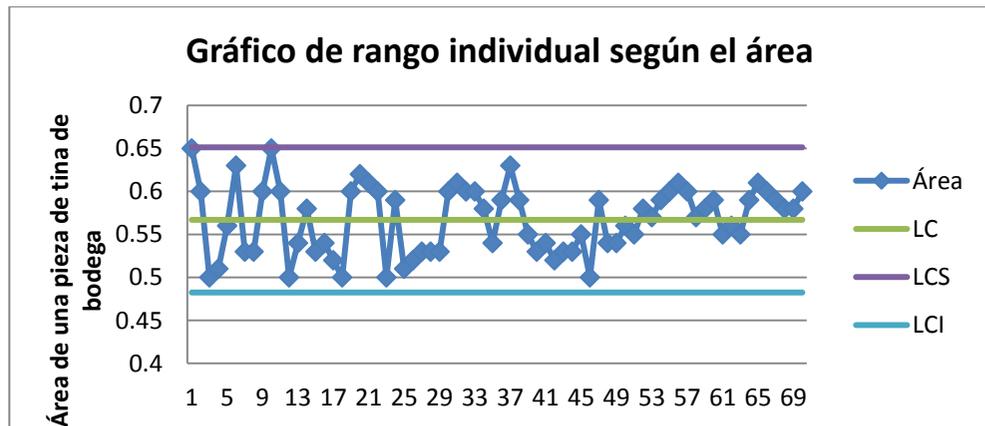
**Informe de R&R del sistema de medición (anidado) para Área**

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.4 Cartas de control**

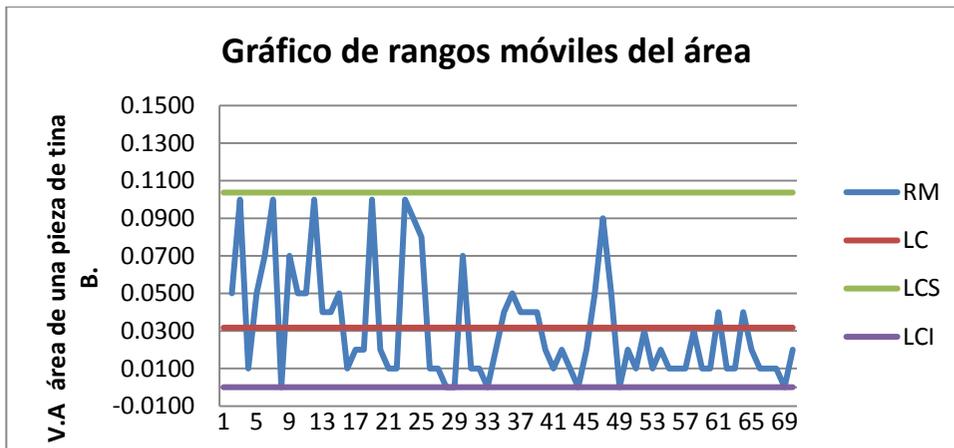
Ahora evaluaremos si nuestros procesos de alto impacto se encuentran bajo control estadístico o no a través del gráfico de rangos individuales y rangos móviles

Gráfico N°17: Rangos individuales según el área



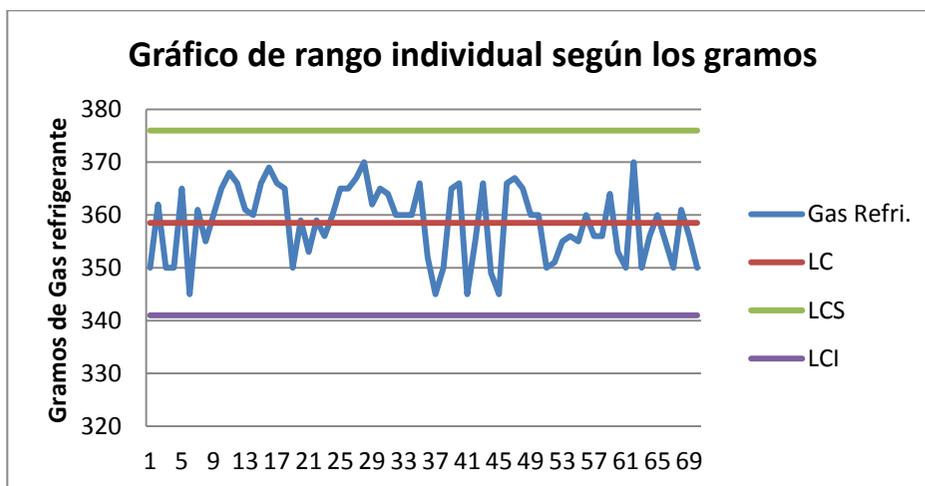
Fuente. Elaboración propia

Gráfico N°18: Rangos móviles según el área



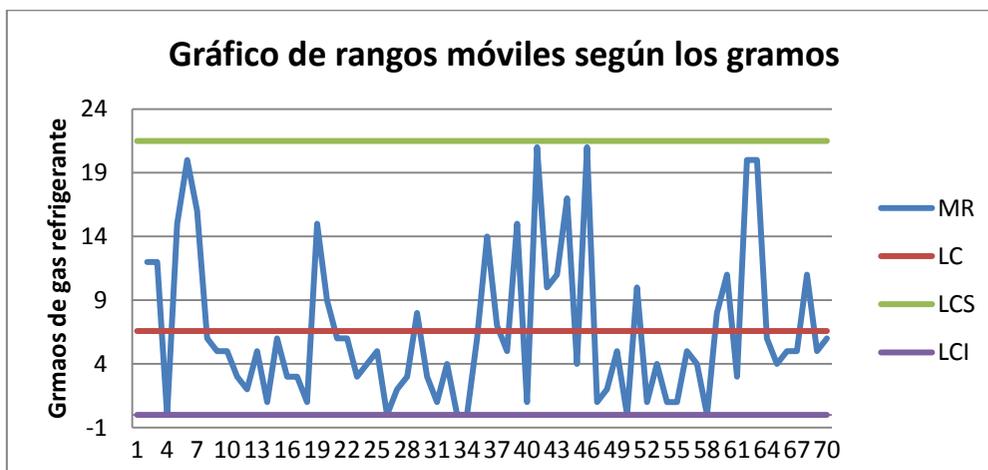
Fuente. Elaboración propia

Gráfico N°19: Rangos individuales según la cantidad de gramos



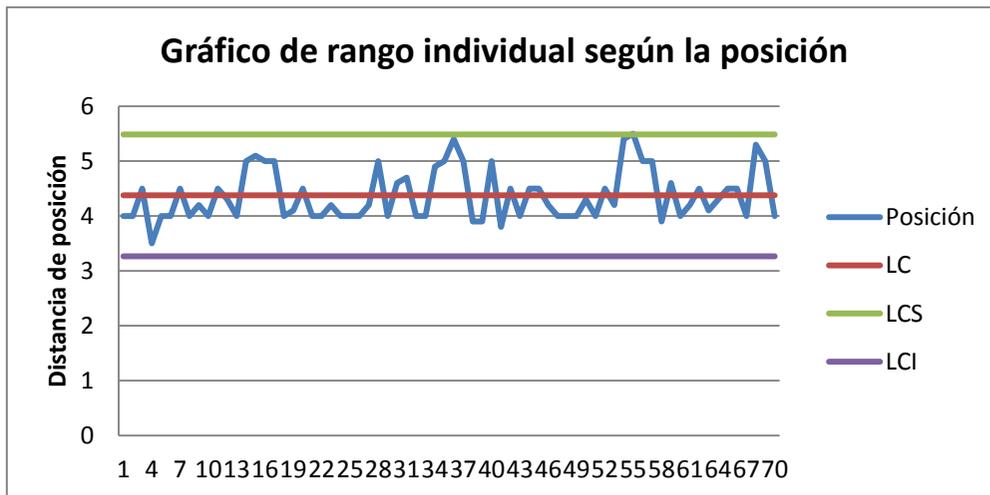
Fuente. Elaboración propia

Gráfico N°20: Rangos móviles según la cantidad de gramos



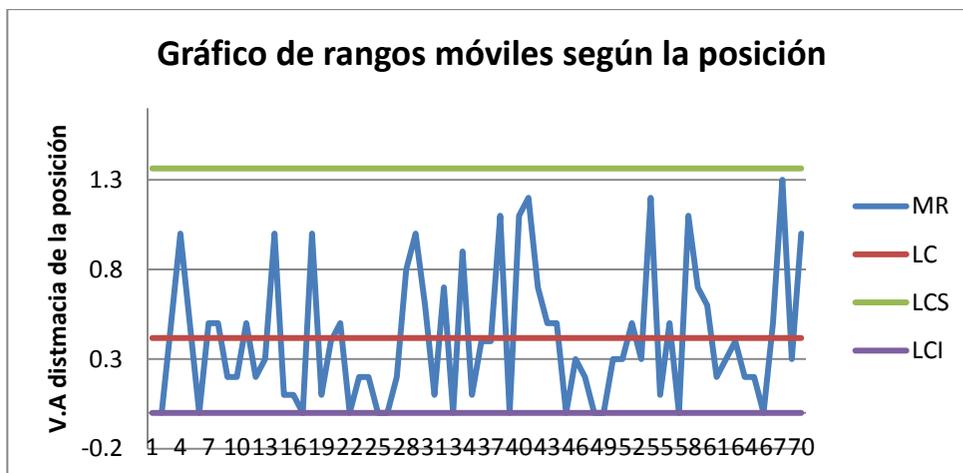
Fuente. Elaboración propia

Gráfico N°21: Rangos individuales según la posición



Fuente. Elaboración propia

Gráfico N°22: Rangos móviles según la posición



Fuente. Elaboración propia

En base a las cartas de control observadas concluiremos que cada uno de los procesos está bajo de control.

En el proceso de corte y marcado de estructura interna evaluamos el área de un pieza que conforma la tina de bodega unas de las partes esenciales para la estructura; en el gráfico N°17 individual se muestra un promedio estable y en el gráfico N°18 de rangos móviles un variabilidad estable.

En el proceso de inyección de gas refrigerante evaluamos la cantidad de gas que entran a cada producto, en el gráfico N°19 individual se aprecia un promedio estable en su proceso, sin embargo, existe una variabilidad pero que cumple con los límites presente en el gráfico N°20 de rangos móviles.

En el proceso de instalación de tubería de condensación se evalúa la posición de la distancia entre la tubería y la estructura externa, en el gráfico N°21 individual se

observa un promedio estable, siendo el más importante la variable de 3.5 cm en donde, se le atribuye el defecto de sobrecalentamiento de la máquina. Así mismo se aprecia una variabilidad estable.

#### 4.2.5 Capacidad y desempeño del proceso

Para establecer la capacidad del proceso ( $C_p$ ) y la capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ), emplearemos las siguientes especificaciones:

Proceso de cortar y marcar estructura interna

(EI) Especificación Inferior:  $0.59 m^2$

(ES) Especificación superior:  $0.61m^2$

Proceso de inyección de gas refrigerante

(EI) Especificación Inferior: 350 gramos

(ES) Especificación superior: 360 gramos

Proceso de instalación de tubería de condensación

(EI) Especificación Inferior: 4 cm

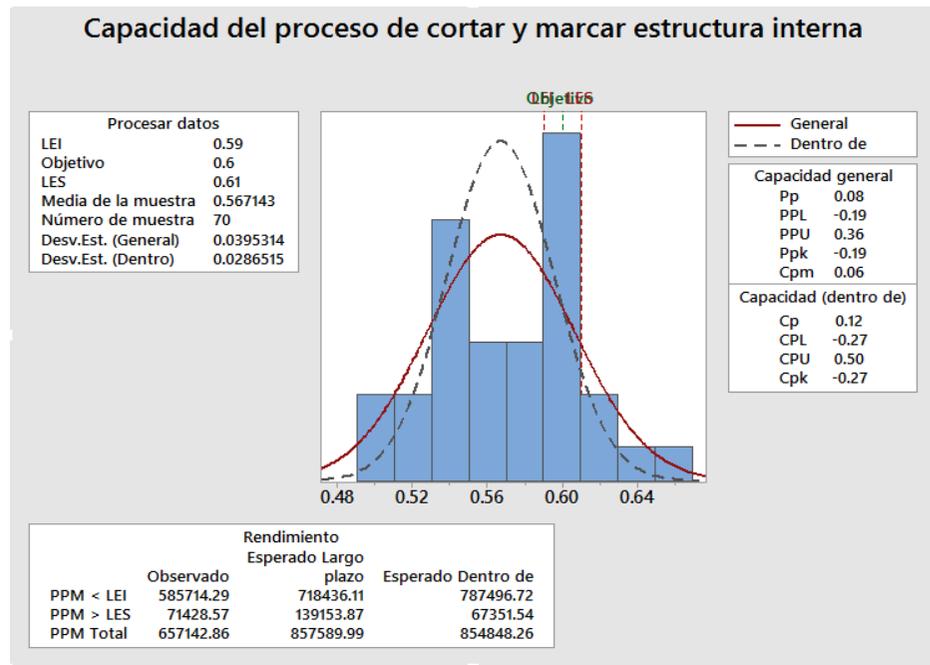
(ES) Especificación superior: 6 cm

Cuadro N°32: índice de evaluación de CP

Valor $C_p$	Clase de proceso	Toma de decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$C_p > 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, pero conforme el $C_p$ se acerca a uno se genera defectos
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado. Un análisis del proceso es necesario. Requiriendo modificaciones muy serias
$C_p < 0.67$	4	Totalmente inadecuado

Fuente: UPN

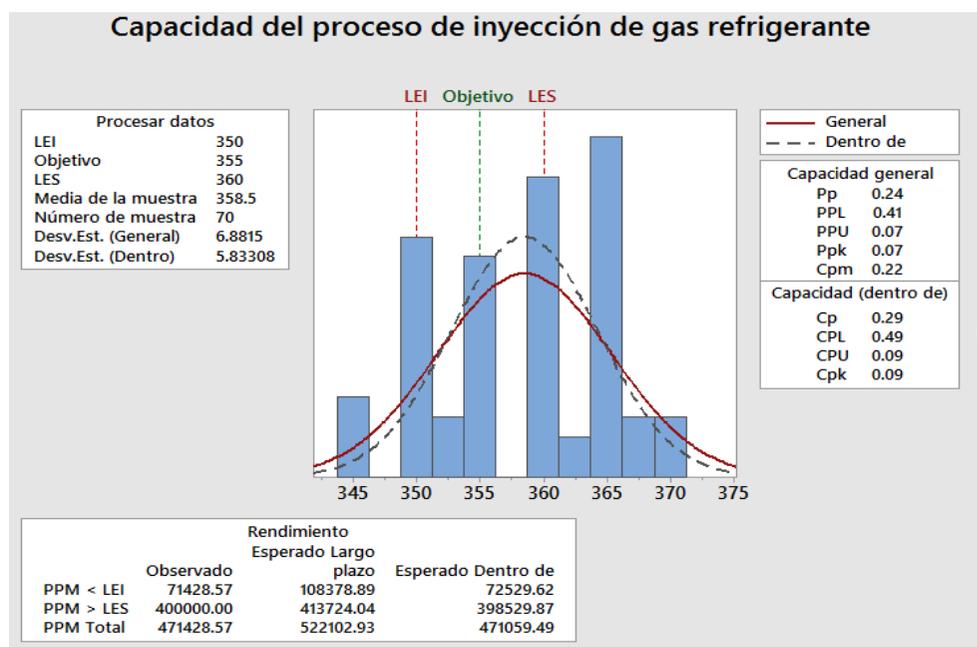
Figura N°38: Capacidad del proceso de cortar y marcar estructura interna



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°38, se observa que el CP es 0.08 lo cual significa que no es un proceso capaz es decir totalmente inadecuado; adicionalmente, el Cpk es (-0.24) indicando que la media del proceso está fuera de las especificaciones. Así mismo el DPMO total es de 657142.86.

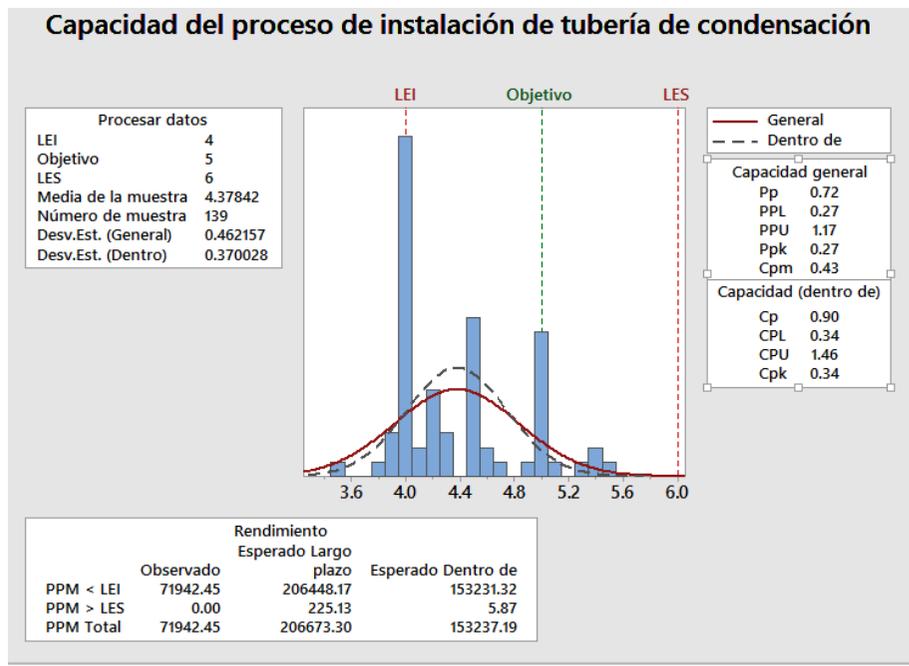
Figura N°39: Capacidad del proceso de inyección de gas refrigerante



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°39, se observa que el CP es 0.24 lo cual significa que no es un proceso capaz es decir totalmente inadecuado; adicionalmente, el Cpk es (0.07) indicando que está produciendo productos fuera de las especificaciones. Así mismo el DPMO total es de 471728.57.

Figura N°40: Capacidad del proceso de instalación de tubería de condensación



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N°40, se observa que el CP es 0.73 lo cual significa que no es un proceso capaz es decir no adecuado; adicionalmente, el Cpk es (0.27) indicando que está produciendo productos fuera de las especificaciones. Así mismo el DPMO total es de 71942.45

Cuadro N°32: Nivel de actual de six sigma por proceso de alto impacto

Proceso de alto impacto	DPMO	Cp	Nivel Six sigma
Proceso de cortar y marcar estructura interna	657142	0.08	1
Proceso de inyección de gas refrigerante	471728	0.24	2
Proceso de instalación de tubería de condensación	71942	0.73	3

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Fase Analizar

En la tercera fase de la metodología DMAIC (DMAMC en español) analizaremos cada causa raíz detalladamente e identificaremos las soluciones pertinentes para cada causa raíz mediante el desarrollo de un cuadro de mando integral de semáforo.

#### 4.3.1 Análisis de causa raíces

##### **Falla de diseño del producto**

Este raíz hace referencia a la fallas presente en el diseño del producto ya sea en sus dimensiones y posición; haciendo difícil lograr las especificaciones requeridas por el cliente.

##### **Falta de un programa de renovación de equipos**

Presencia de equipos obsoletos lista para un cambio en especial la máquina de gas refrigerante ocasionado pérdidas innecesarias y mediciones inestables.

##### **Método de trabajo no estandarizado**

Esta raíz hace referencia a los problemas observados en el proceso de embalaje por una falta de seguimientos y definición de las actividades a realizar.

##### **Falta de asesoría por parte de la empresa sobre el producto**

Esta causa raíz hace referencia a la falta de orientación por parte del personal de ventas a los clientes con el fin de poder determinar el producto que satisfaga sus requerimientos.

##### **Falta de un manual**

Esta raíz hace referencia a la falta de un manual de especificaciones, características de diseño, partes y equipos para su ensamble necesarias para los diferentes productos en especial a los productos de poca rotación

### 4.3.2 Identificación de soluciones

Cuadro N°33: Cuadro de mando integral de semáforo

TABLERO DE COMANDO SEGÚN LAS MEJORAS PROPUESTAS PARA LA EMPRESA CONSORCIO D&E S.A.C									Mínimo		Satisfactorio		Sobresaliente	
N°	Causas Raíces	Soluciones	Objetivos	Acciones a tomar	Indicador de medición	Desempeño real	Frecuencia	Meta	Responsable				Actual	
1	Falta de asesoría por parte de la empresa sobre el producto	Programa de asesoría antes y después de la adquisición del producto	Disminuir la tasa de fallas por mal uso por el cliente	1) Asesoría de 30 min antes de la adquisición	a) Tasa del nivel de insatisfacción de los clientes	19%	Trimestral	0%	Personal de ventas	19% <	19%	19% >		
				2) Asesoría de 30 min después de la adquisición	b) Número de fallas por mal uso del producto por el cliente	10	Trimestral	0	Personal de ventas	10 <	10	10 >		
2	Método de trabajo no estandarizado	Aplicar una hoja de verificación	Disminuir o eliminar los defectos originados en este proceso	1) Capacitar al operario y definir las actividades del proceso	a) Número de fallas del producto por mal proceso de embalaje	1	Diario	0	Operario del proceso	1 <	1	0		
				2) Elaborar la hoja de verificaciones										Jefe de producción
				3) Realizar un seguimiento										
3	Falta de un programa de renovación de equipos	Programa de renovación de equipos	Mejorar el rendimiento de los equipos y proceso	a) Determinar los equipos sujetos a cambio	Cp	0.24	Mensual	2	Equipo de calidad	0.24 >	1.33	1.33 <		
			Reducir desperdicios	b) Analizar la viabilidad económica de reemplazar del equipo	I-Rm	Bajo control	Mensual	Bajo control con mínima variación	Equipo de calidad	Fuera de control	Bajo control	Bajo control con mínima variación		
			Incrementar la capacidad del proceso de inyección de gas refrigerante	c) Adquirir el nuevo equipo y determinar su ciclo de vida	Tasa de PNC	21%	Mensual	0	Equipo de calidad	21% <	21%	21% >		
4	Falta de un manual	Implementar un manual de cada producto	Disminuir las fallas por mala disposición de equipos	a) Elaborar un manual de las características, especificaciones de diseño de cada producto	a) Número de fallas por mala disposición de equipos	10	Trimestral	0	Equipo de calidad	10 <	10	10 >		
5	Falla de diseño del producto	Implementar un nuevo diseño de los productos a través del software Autodesk inventor en 3d y 2d	Reducir tiempos muertos	a) Adquisición del software	Cp	0.72	Mensual	0	Equipo de calidad	0.72 >	1.33	1.33 <		
			Incrementar la capacidad del proceso	b) Capacitación en el manejo del software		0.08	Mensual			0.08 >	1.33	1.33 <		
			Mejorar la calidad del proceso	c) Modelación en 3d y 2d	I-RM	Bajo control	Mensual	Bajo control con mínima variación	Equipo de calidad	Fuera de control	Bajo control	Bajo control con mínima variación		
				d) Determinar la dimensiones y posiciones de cada pieza		Bajo control	Mensual							
E) Elaboración de los moldes	Tiempos perdidos	750	Mensual	0	Jefe de producción	750 <	375	375 >						

Fuente: elaboración propia

### 4.4 Fase Mejorar

En la cuarta fase mejorar analizaremos cada mejora propuesta en fase anterior y como se en la empresa Consorcio D&E S.A.C.

#### 4.4.1 Análisis de las soluciones propuestas

##### **Solución 1: Programa de asesoría antes y después de la adquisición del producto**

Esta mejora está orientada a solucionar los problemas causados por el mal manejo del cliente del producto obtenido, para eso, se aplicara este programa con las siguientes acciones.

##### **Acciones:**

**Asesoría de 30 min antes de la adquisición**

**Asesoría de 30 min después de la adquisición**

##### **Seguimiento:**

No es necesario aplicar un seguimiento exhaustivo, se puede justificar solo con la evaluación de los indicadores. De acuerdo a la frecuencia establecida, y ciertos momentos de inspecciones inesperados al personal de ventas para verificar el cumplimiento de las acciones establecidas.

##### **Indicadores:**

##### **Tasa del nivel de insatisfacción de los clientes**

$$\%NSC = \frac{\text{Cantidad de Clientes con Reclamos}}{\text{Total de Clientes}} * 100$$

Aplicaremos este indicador de manera general como base para nuestra mejora. Actualmente se percibe una tasa 19% de insatisfacción.

##### **Número de fallas por mal uso del cliente**

Se determinará el número de incidentes en el producto por este motivo, para eso, necesitamos implementar una hoja que registre el número de fallas una para la oficina y otra para el operario que atiende la falla, debido a que en la empresa no posee un registro de fallas.

Mediante entrevistas a los operarios encargados de realizar las reparaciones por fallas fuera de la empresa se determinó una cantidad de 10 en el año 2017.

Cuadro N°34: Formato hoja de registro de falla fuera de la empresa en la oficina

<b>HOJA DE REGISTRO DE FALLA FUERA DE LA EMPRESA " oficina"</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>CONSORCIO D&amp;E S.A.C</b>		
DATOS GENERALES			
<b>Problema</b>			
<b>Producto</b>		<b>Código</b>	
<b>cliente</b>			
<b>CAUSA:</b>			
COSTO POR FALLA			
Información Esencial			
<b>Operario que atendio la falla</b>			
<b>Costo de mano de obra del operario por hora</b>			
<b>Horas empleadas</b>		<b>Utilidad por hora</b>	<b>15.76</b>
COSTO			
<b>Lucro cesante "utilidad por hora* horas empleadas"</b>		<b>SUMA</b>	<b>D&amp;E</b>
<b>CMO total "CMO por hora *horas empladas"</b>			
<b>Costo de materiales</b>			
<b>Otros costos "transporte, viáticos"</b>			
<b>Costo Total</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°35: Formato hoja de registro de falla fuera de la empresa en el campo

<b>HOJA DE REGISTRO DE FALLA FUERA DE LA EMPRESA " campo"</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>CONSORCIO D&amp;E S.A.C</b>		
DATOS GENERALES			
<b>Problema</b>			
<b>Producto</b>			
<b>cliente</b>			
<b>Horas empleadas</b>			
<b>CAUSA:</b>			

Fuente: Elaboración Propia

**Inversión:** 100 soles



En este documento se describirá de manera detallada la forma para llevar a cabo un proceso, definiendo las responsabilidades de los involucrados y los requisitos que debe cumplir.

Los campos destinados a:

Quien y cuando señala el responsable de realizar la tarea y se describe el momento en que se debe realizar el proceso respectivamente.

Objetivo se debe señalar con qué fin se realiza el proceso que se describe en el documento

Herramientas señala los utensilios o equipos de cualquier tipo que son usados a lo largo del proceso

Qué y cómo se hace se describe los pasos principales o puntos importantes en que se deben cuidar al realizar el proceso.

### Elaborar la hoja de verificaciones

En esta parte elaboraremos la hoja de verificación según los requerimientos para asegura que el proceso sea de calidad y cumple con los objetivos trazados.

Cuadro N°37: Formato hoja de verificación para el proceso

Fecha:	<b>CONSORCIO D&amp;E S.A.C</b>		
<b>REQUERIMIENTOS DEL PROCESO</b>			
	S	NS	R
1-			
2-			
3-			
4-			
5-			
6-			
7-			
8-			
9-			
10-			
11-			
12-			
13-			
14-			
15-			
16-			
17-			
18-			
19-			
20-			
<b>Comentario:</b>			
<b>Nombre del operario:</b>	_____	<b>Nombre del supervisor o Jefe inmediato:</b>	_____
	FIRMA		FIRMA
<b>Instrucciones:</b> Marque todos los renglones indicados S = Satisfactorio NS = No Satisfactorio R = Reparado o solucionado			

Fuente: Elaboración Propia

### **Realizar un seguimiento**

Según el desarrollo de la hoja de verificación por parte del operario se recomienda realizar una inspección de 5 min por el supervisor o el jefe de planta contrastando los resultados de la hoja de verificación con el producto en físico antes de ser embarcado a la tienda Frionort o al cliente externo.

### **Indicadores:**

#### **Número de fallas del producto por mal proceso de embalaje**

Para determinar el número de fallas utilizaremos las hojas de registro ya propuestas en la solución anterior.

Actualmente se observa una cantidad de fallas por mal proceso de embalaje de 1 en el año 2017 siendo satisfactorio para la empresa

**Inversión:** 100 soles

#### **Solución 3: Programa de renovación de equipos**

Esta mejora está dirigido al problema de maquinaria obsoleta en especial a la máquina de gas refrigerante que conforma los siguientes equipos “balanza, manómetro”. También esta mejora nos sirve de manera general a evaluar el tiempo de renovación de equipos de acuerdo al costo y pérdidas que nos genera.

### **Acciones:**

#### **Determinar los equipos sujetos a cambio**

En esta acción evaluaremos las máquinas o equipos mediante dos valores uno en razón al costo total por mantenimiento correctivo “actualmente la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento” y el costo de desperdicios evaluando tiempo de reproceso y mermas excesivas.

$$CTMC = CMOI + CMR + CI + CMOE + GG + CLC$$

CTMC: Costo total de mantenimiento correctivo

CMOI: Costo mano de obra interna

$$CMOI = \text{horas de reparación} * \text{costo de mano de obra por hora de trabajo}$$

CMR: Costo de materiales y repuestos

CI: Costo de insumos

CMOE: Costo de mano de obra externa

GG: Gastos generales

CLC: Costo por lucro cesante

$$CLC = \text{horas de reparación} * \text{utilidad por hora}$$

$$CD = CTM + CM$$

CD: Costo de desperdicios

CTM: Costo por tiempos muertos o reprocesos

$$CTM = \text{tiempo perdido (min o hora)} * \text{utilidad (min o hora)}$$

CM: Costo por mermas

$$CM = \text{costo del material und} * \text{cantidad desperdiciada} * \text{total de producción}$$

### **Analizar la viabilidad económica de reemplazo del equipo**

En esta acción comparamos el costo total "CTMC+CD" y el precio del nuevo equipo

### **Adquirir el nuevo equipo y determinar su ciclo de vida**

Luego de determinar que es viable adquirir el nuevo equipo se procederá a calcular su nuevo ciclo de vida mediante la alternativa de reemplazo óptimo minimizando costos, esta fórmula es una alternativa enfocada a reducir el costo total

Formula de reemplazo óptimo minimizando costos C(n)

$$C(n) = \frac{\sum_{i=1}^n n * C_i r^i + r^n * (A - S_n)}{1 - r^n}$$

El costo de adquisición del equipo es (A)

La vida del equipo es n periodos antes de ser reemplazado

El costo de mantenimiento para el periodo i es (C<sub>i</sub>), con i=1, 2,3...n

El costo de venta del equipo al final del periodo i es (S<sub>i</sub>)

T es la tasa de interés de referencia, se define  $r = 1/(1+t)$

El objetivo es determinar el número óptimo de periodos n entre reemplazo para minimizar el costo total c(n)

### **Caso reemplazo de balanza y manómetro en el proceso de inyección de gas**

Para nuestro problema de inyección de gas refrigerante se opta cambiar la balanza a una actual y eficaz para este tipo de proceso además de cambiar el manómetro.

Calculo costo total en el año 2017:

$$CTMC = 0 + 0 + 0 + 50 + 0 + 3 * 15.76$$

Para el mantenimiento correctivo en el año 2017 se realizó una reparación contratando aun técnico. El CTMC se determinó un total de 97.28

$$CD = \left(1.5 * \frac{15.76}{60} * 149\right) + (0.03 * 50 * 149)$$

Para el costo de desperdicios se toma como dato de 1.5 min de tiempo muertos promedio por cada inyección de gas por causa que botaban el gas sobrante por una mala regulación, además, se desperdicia un promedio de 50 gramos de gas refrigerante por cada producto de un total de 149 productos en el año 2017. Para el

costo de gas refrigerante la empresa compra un balón de 10 kg a 290.84 soles siendo por gramos un costo de 0.03 soles.

El costo por desperdicio en el año 2017 asciende a .282.206 soles

El costo total asciende a 379.486  $\cong$  380 soles

Se recomienda adquirir una balanza electrónica a un precio de 550 y manómetro de alimentación a un precio de 350 soles

**Equipo a adquirir:**

Imagen N°2: Balanza electrónica RCS-7010



Fuente: Ansal refrigeración S.A.C

Imagen N°3: Características de balanza electrónica

ARTICULO	RCS-7010
Rango de peso	0.000-70.000 kg or 0.000 154.00 lbs
Presicion	0.5% de lectura aprox.
Resolucion	5g /0.01 IB
Unidades	KG / LB
Alimentacion	9VDC
Temperatura de operacion	32F To 113F (0°C To 45°C)
Tamaño plataforma	23cm x 23cm
Duracion estimada de bateria	30 hs de uso continuo
Peso	2.485 KG

Fuente: Ansal refrigeración S.A.C

Imagen N°4: Grupo de llenado automático CALEFFI - Tipo 553 MF1/2" con manómetro



Fuente: Manomano S.A.C

**Características técnicas:**

Materiales: cuerpo de latón EN 12165 CW617N

Tapa: latón EN 12165 CW617N

Juntas llana: NBR

Presión máxima en entrada: 16 bar

Rango de ajuste: 0,3 a 4 bar

Disparo de fábrica: 1,5 bar

Temperatura máxima de ejercicio: 70°C

Conexión entrada: empalme conexión 1/2" M

Conexión salida: 1/2" F

Enchufe manómetro: 1/4" F

Manómetro 0 a 4 bars

Equipado de llave, filtro y válvula anti retorno.

**Dimensiones:**

Entre-eje 122mm

Altura 148mm

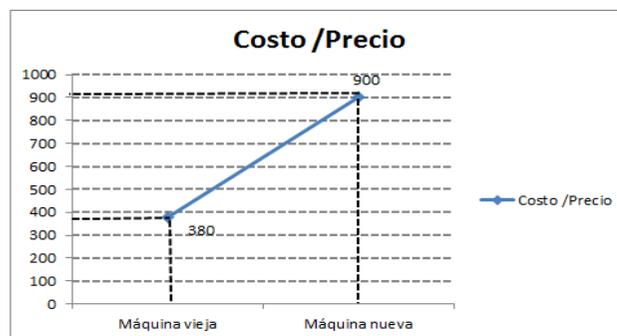
Anchura 53mm

Cuadro N°38: Comparación máquina vieja vs máquina nueva

Maquina	Costo /Precio
Máquina vieja	380
Máquina nueva	900

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°23: Comparación máquina vieja vs máquina nueva



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N°39: Evaluación de la viabilidad económica**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		380	380	380	380	380
Egresos		-35	-47	-64	-86	-116
Inversión	-900					
Flujo neto	-900	345	333	316	294	264
<b>VAN</b>		S/. 183.09				
<b>TIR</b>		23%				

Fuente: Elaboración Propia

A través de este gráfico se concluye que los costos que generan la balanza y el manómetro para llenado, conforman el 42 % de la inversión; además en el cuadro N°39 se comprueba que es viable adquirir el nuevo equipamiento a una tasa de descuento del 14 %.

Ahora analizaremos el tiempo óptimo para el reemplazo de este nuevo equipo mediante la alternativa de reemplazo óptimo minimizando costos.

**Datos:**

Se estima un tiempo de vida máximo de 6 años considerando una depreciación lineal para el cálculo.

**Depreciación lineal recta**

Dónde:

N: número de años

Dt: cargo anual de depreciación

B: valor inicial del activo

Vrn: valor de salvamento

$$\text{Formula: } Dt = \frac{B - VRn}{N} \quad Dt = \frac{900 - 150}{6} = 125$$

**Cuadro N°40: Valor del equipo en el tiempo**

Año	1	2	3	4	5	6
Si (Soles)	775	650	525	400	275	150

Fuente elaboración propia

El costo de mantenimiento para cada año se estima de 35 soles con un aumento del 35% cada año

**Cuadro N°41: Costo de mantenimiento**

Año	1	2	3	4	5	6
Ci (Soles)	35	47	64	86	116	157

Fuente elaboración propia

Se determinará R con una tasa referencial del 25 % teniendo como resultado para R de 0.8. Luego se pasará a calcular el tiempo óptimo de reemplazo.

$C(1)$

$$\frac{(35 * 0.8^1) + 0.8^1 * (900 - 125)}{1 - 0.8^1} = 640$$

$C(2)$

$$\frac{(35 * 0.8) + (47 * 0.8^2) + 0.8^2 * (900 - 650)}{1 - 0.8^2} = 606$$

$C(3)$

$$\frac{(35 * 0.8) + (47 * 0.8^2) + (64 * 0.8^3) + 0.8^3 * (900 - 525)}{1 - 0.8^3} = 579$$

$C(4)$

$$\frac{(35 * 0.8) + (47 * 0.8^2) + (64 * 0.8^3) + (86 * 0.8^4) + 0.8^4 * (900 - 400)}{1 - 0.8^4} = 560$$

$C(5)$

$$\frac{(35 * 0.8) + (47 * 0.8^2) + (64 * 0.8^3) + (86 * 0.8^4) + (116 * 0.8^5) + 0.8^5 * (900 - 275)}{1 - 0.8^5} = 548$$

$C(6)$

$$\frac{(35 * 0.8) + (47 * 0.8^2) + (64 * 0.8^3) + (86 * 0.8^4) + (116 * 0.8^5) + (157 * 0.8^6) + 0.8^6 * (900 - 150)}{1 - 0.8^6} = 558$$

Se recomienda realizar el reemplazo dentro de 5 años y a la vez se aprecia la oportunidad de ganar 150 soles o más gracias al valor del salvamento del equipo

#### **Seguimiento:**

No es necesario aplicar un seguimiento exhaustivo, se puede justificar solo con la evaluación de los indicadores.

#### **Indicadores:**

#### **Cp y I-Rm:**

Veremos si el proceso es capaz y cumple con los requerimientos de los clientes

#### **Tasa de PNC:**

Podemos ver el nivel de producto no conforme

#### **Promedio de desperdicio que genera por producto**

A través del cálculo matemático demostrado en la fórmula de costo por desperdicios veremos el promedio de pérdidas que genera cada máquina

**Inversión:** 900 soles

#### Solución 4: Implementar un manual de cada producto

Esta mejora está enfocada en el problema de disposición de equipos según la clase de productos en especial en los productos de baja rotación.

#### Acciones:

Elaborar un manual de las características y especificaciones de diseño de cada producto

Cuadro N°42: Formato hoja de especificaciones y características de diseño de un clase producto.

Fecha:	<b>CONSORCIO D&amp;E S.A.C</b>				
Nombre:					
Energía:		Dimensión	L:	A:	H:
<b>FUNCIÓN</b>					
<b>EQUIPO</b>					
Motor compresor					
Gas refrigerante					
Condensador					
Filtro					
Motoventilador					
Evaporador					
Control de frío					
Tubo capilar					
Instalación eléctrica					
Rango de temperatura					
Tiempo de prueba					
Comentario:					
Nombre del supervisor o jefe inmediato:				_____ Firma	

Fuente: Elaboración propia

#### Seguimiento:

No es necesario aplicar un seguimiento exhaustivo, se puede justificar solo con la evaluación de los indicadores.

#### Indicadores:

##### Número de fallas por mala disposición de equipos

Para determinar el número de fallas utilizaremos las hojas de registro ya propuestas en la solución anterior.

Actualmente se observa una cantidad de fallas por una mala disposición de equipos de 10 en el año 2017 siendo satisfactorio para la empresa

**Inversión: 100 soles**

**Solución 5: Implementar un nuevo diseño de los productos a través del software Autodesk inventor en 3d y 2d**

Esta solución o mejora está dirigido al problema presente de un incorrecto diseño del producto ocasionado una serie de problemas a todo el proceso.

**Acciones:**

**Adquisición del software**

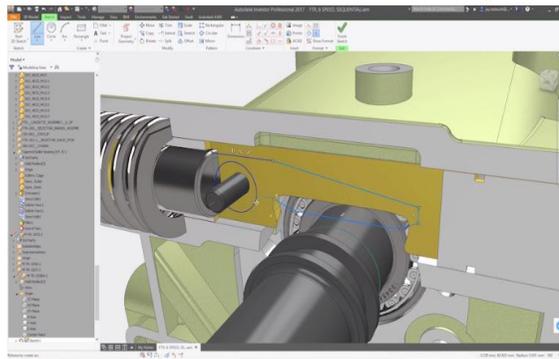
De acuerdo a esta acción se obtendrá el software libre gratis de Autodesk inventor 2018.

Autodesk inventor es uno de los software de diseño mecánico 3d y 2d de mayor venta y sigue siendo la mejor opción para la comunidad de manufactura global y usuarios de Autocad. La temática del programa consiste en permitir a los usuarios diseñar piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes.

Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD.

Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como Autocad se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

Imagen N°5: Ejemplos del uso de Autodesk inventor



Fuente: Página oficial de Autodesk

### **Capacitación en el manejo del programa**

A través del grupo SEMCO que brinda capacitación con certificación en el uso del programa Autodesk inventor 2018 a un costo de 1500 soles vía virtual.

### **Modelación en 3d y 2d**

En esta acción se empleará la ayuda de profesionales en el software para el diseño a un costo de promedio de 150 por trabajo de diseño de un producto, teniendo como costo 1500 por las 10 clase de producto que cuenta Consorcio D&E S.A.C.

### **Determinación de las dimensiones y posiciones de cada pieza**

Durante el diseño se determinarán las dimensión, además el software como beneficio enunciado en la primera acción puede cambiar sus parámetros de media ajustándose a los diferentes tamaños que requiera nuestro cliente según la clase del producto.

### **Elaboración de los moldes**

Al terminar las acciones anteriores se comenzará a elaborar los moldes para todas las clases de productos de acuerdo a las dimensiones o tamaños que más se ha solicitado en empresa en el último año.

### **Seguimiento:**

No es necesario aplicar un seguimiento exhaustivo, se puede justificar solo con la evaluación de los indicadores y el uso de una hoja de verificación del producto durante el proceso de inspección dentro del diagrama de operaciones.

Cuadro N°43: Formato hoja de verificación del producto

Fecha:		<b>CONSORCIO D&amp;E S.A.C</b>									
REQUERIMIENTOS VISUALES			S	NS	R	REQUERIMIENTOS OPERACIONAL			S	NS	R
1-						1-					
2-						2-					
3-						3-					
4-						4-					
5-						5-					
6-						6-					
7-						7-					
8-						8-					
9-						9-					
10-						10-					
11-						11-					
12-						12-					
13-						13-					
14-						14-					
15-						15-					
16-						16-					
17-						17-					
18-						18-					
19-						19-					
20-						20-					
<b>Comentario:</b>											
<b>Nombre del operario:</b>						<b>Nombre del supervisor o Jefe inmediato</b>					
						FIRMA			FIRMA		
<b>Instrucciones:</b> Marque todos los renglones indicados S = Satisfactorio NS = No Satisfactorio R = Reparado o solucionado											

Fuente: Elaboración propia

**Indicadores:**

**Cp, I-Rm:**

Veremos si el proceso es capaz y cumple con los requerimientos de los clientes

**Tiempos muertos:**

Hace referencia los tiempos desperdiciados en el proceso

**Inversión: 3060 soles**

## 4.5 Fase Controlar

En esta última fase de la metodología DMAIC elaboraremos el plan de control o el programa de control del cual definiremos la etapas de la metodología de acuerdo a un línea de tiempo y los pasos a seguir, para eso emplearemos el diagrama de Gantt mediante el software Ms project 2013.

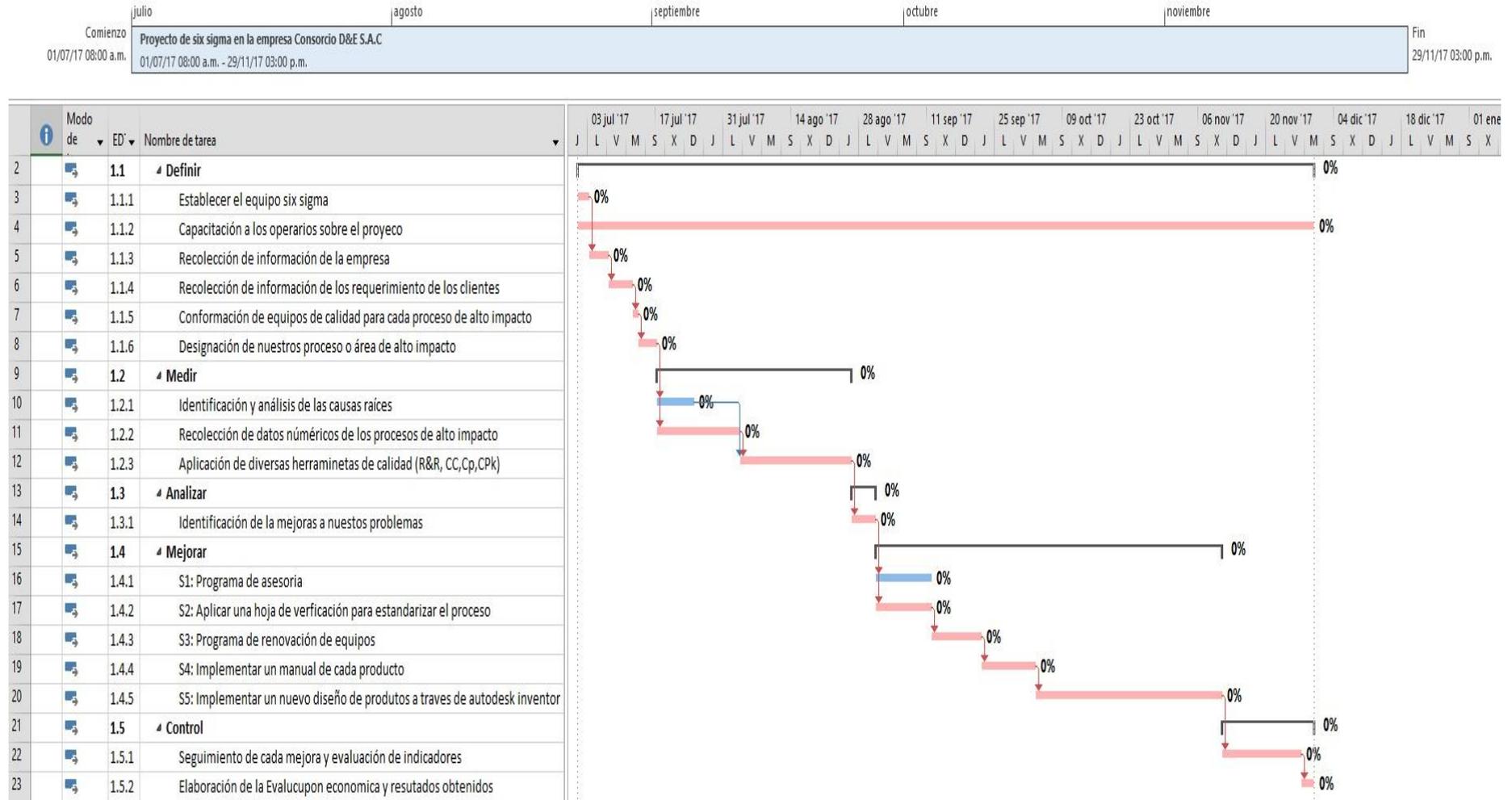
### 4.5.1 Programa de trabajo del proyecto Six Sigma

Figura N°41: Programa del proyecto six sigma (Hoja de tareas)

		Modo de ED	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Prec
1		1	▲ Proyecto de six sigma en la empresa Consorcio D&E S.A.C	96 días	01/07/17 08:	29/11/17 03:00 p.m.	
2		1.1	▲ Definir	96 días	01/07/17 08:	29/11/17 03:00 p.m.	
3		1.1.1	Establecer el equipo six sigma	1 día	01/07/17 08:	03/07/17 10:00 a.m.	
4		1.1.2	Capacitación a los operarios sobre el proyeco	96 días	01/07/17 08:	29/11/17 03:00 p.m.	
5		1.1.3	Recolección de información de la empresa	3 días	03/07/17 10:	07/07/17 10:00 a.m.	3
6		1.1.4	Recolección de información de los requerimiento de los clientes	3 días	07/07/17 10:	12/07/17 10:00 a.m.	5
7		1.1.5	Conformación de equipos de calidad para cada proceso de alto impacto	1 día	12/07/17 10:	13/07/17 12:00 p.m.	6
8		1.1.6	Designación de nuestros proceso o área de alto impacto	2 días	13/07/17 01:	17/07/17 10:00 a.m.	7
9		1.2	▲ Medir	25 días	17/07/17 10:	26/08/17 12:00 p.m.	
10		1.2.1	Identificación y análisis de las causas raíces	5 días	17/07/17 10:	24/07/17 03:00 p.m.	8
11		1.2.2	Recolección de datos numéricos de los procesos de alto impacto	10 días	17/07/17 10:	03/08/17 12:00 p.m.	8
12		1.2.3	Aplicación de diversas herraminetas de calidad (R&R, CC,Cp,CPK)	15 días	03/08/17 01:	26/08/17 12:00 p.m.	11,10
13		1.3	▲ Analizar	3 días	26/08/17 01:	31/08/17 12:00 p.m.	
14		1.3.1	Identificación de la mejoras a nuestros problemas	3 días	26/08/17 01:	31/08/17 12:00 p.m.	12
15		1.4	▲ Mejorar	46 días	31/08/17 01:	10/11/17 03:00 p.m.	
16		1.4.1	S1: Programa de asesoria	7 días	31/08/17 01:	11/09/17 03:00 p.m.	14
17		1.4.2	S2: Aplicar una hoja de verificación para estandarizar el proceso	7 días	31/08/17 01:	11/09/17 03:00 p.m.	14
18		1.4.3	S3: Programa de renovación de equipos	7 días	12/09/17 08:	22/09/17 10:00 a.m.	17
19		1.4.4	S4: Implementar un manual de cada producto	7 días	22/09/17 10:	03/10/17 12:00 p.m.	18
20		1.4.5	S5: Implementar un nuevo diseño de produtos a traves de autodesk inventor	25 días	03/10/17 01:	10/11/17 03:00 p.m.	19
21		1.5	▲ Control	12 días	11/11/17 08:	29/11/17 03:00 p.m.	
22		1.5.1	Seguimiento de cada mejora y evaluación de indicadores	10 días	11/11/17 08:	27/11/17 10:00 a.m.	20
23		1.5.2	Elaboración de la Evaluacion economica y resutados obtenidos	2 días	27/11/17 10:	29/11/17 03:00 p.m.	22

Fuente: Elaboración Propia

Figura N°42: Programa del proyecto six sigma (Gantt de seguimiento)



Fuente: Elaboración Propia

## APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS

### 4.6 Distribución de Planta

Actualmente en la empresa Consorcio D&E S.A.C. se presentan excesivos costos de recorrido en las instalaciones. Para eso aplicaremos el método de distribución de planta para encontrar la mejor ordenación de las áreas de trabajo y del equipo para conseguir la máxima economía en el trabajo al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores.

Antes de aplicar este método definiremos lo más accesible para nuestra distribución.

Tipos de distribución

- Distribución por componente principal fijo

Ésta distribución se utiliza en los casos en que el material que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que el permanece en un solo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria, mano de obra y demás equipos necesarios se llevan hacia él. Éste tipo de distribución se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, y sólo se producen pocas unidades al mismo tiempo, como lo es el caso del ensamble de buques y aviones, así como la fabricación de motores de grandes dimensiones.

- Distribución por proceso

Ésta es la distribución en la cual todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, es decir que éste sistema de disposición se utiliza frecuentemente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto, como lo es el caso de fábricas de hilados y tejidos, talleres de mantenimiento e industrias de confección.

Este tipo de distribución es el más adecuado para la fabricación intermitente o bajo pedido, facilitándose la programación del puesto de trabajo al máximo de carga posible

- Distribución por producto o en línea

Éste tipo de distribución comúnmente denominado "distribución de producción en cadena", corresponde al caso en el que toda la maquinaria y equipos necesarios para la fabricación de determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordena de acuerdo con el proceso secuencial de fabricación. Se emplea usualmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos estandarizados, o en la fabricación de productos específicos que tienen como base un producto genérico. Por ejemplo, el embotellado de gaseosas, el montaje de automóviles, procesos sumamente estandarizados en los que la diferenciación se hace lo más cercana al cliente posible. Luego de definir los

tipos de producción, se determina que la distribución por proceso es la que más se adhiere a empresa Consorcio D&E S.A.C., porque produce a pedido y puede hacer cambios según la función que desempeña

Esta distribución es común en las operaciones en las que se pretende satisfacer necesidades diversas de clientes muy diferentes entre sí.

En el cuadro N°44, 45 y gráfico N°24 determinamos el porcentaje de participación de producto anualizado en horas de producción por el tipo de producto.

**Cuadro N°44: % participación por producto**

C. PRODUCTO	UNIDADES / AÑO	HORAS / UNIDAD	HORAS / AÑO	%PARTICIPACIÓN	%PARTICIPACIÓN POR PRODUCTO
CONSERVADORA	84	34.35	2885.4	46.68%	56.38%
PASTELERAS	16	34.35	549.6	8.89%	10.74%
CÁMARAS FRÍ.	12	65.7	788.4	12.76%	8.05%
HELADERAS	11	63	693	11.21%	7.38%
VITRINAS	9	42.3	380.7	6.16%	6.04%
MURAL FRÍ.	6	46.8	280.8	4.54%	4.03%
VISICOOLER	6	51.3	307.8	4.98%	4.03%
CONGELADORA	2	58.5	117	1.89%	1.34%
FRUTERAS	2	58.5	117	1.89%	1.34%
MESA REFRI.	1	61.2	61.2	0.99%	0.67%
TOTAL	149		6180.9	100.00%	

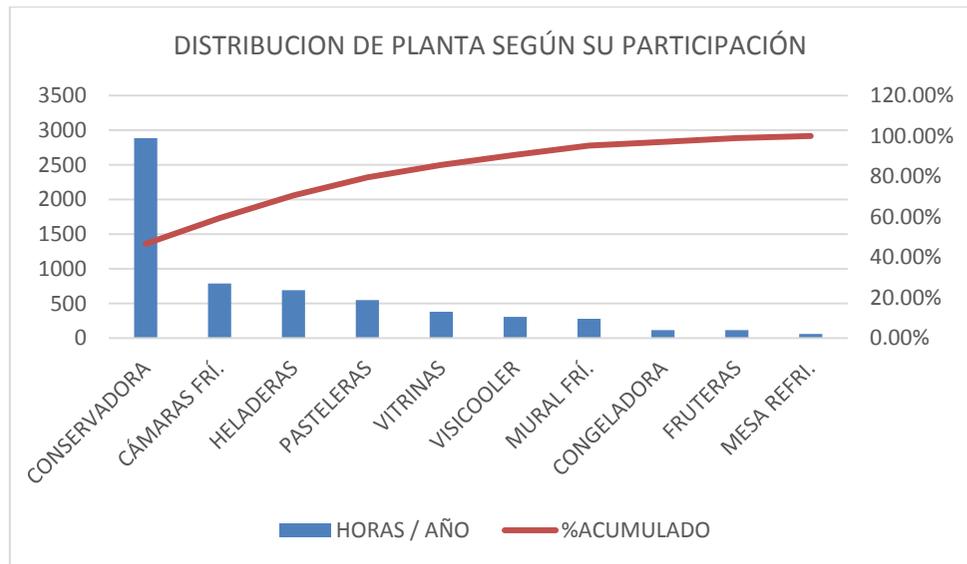
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°45: % participación por producto acumulado**

C. PRODUCTO	HORAS / AÑO	%PARTICIPACIÓN	%ACUMULADO
CONSERVADORA	2885.4	46.68%	46.68%
CÁMARAS FRÍ.	788.4	12.76%	59.44%
HELADERAS	693	11.21%	70.65%
PASTELERAS	549.6	8.89%	79.54%
VITRINAS	380.7	6.16%	85.70%
VISICOOLER	307.8	4.98%	90.68%
MURAL FRÍ.	280.8	4.54%	95.22%
CONGELADORA	117	1.89%	97.12%
FRUTERAS	117	1.89%	99.01%
MESA REFRI.	61.2	0.99%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°24: Distribución de planta según su participación



Fuente: Elaboración Propia

Se concluyó que la Conservadora, Pastelera y Cámara frigoríficas conforman el 80% de partición anual, siendo así para el posterior análisis por celdas de manufactura.

#### 4.7 Celdas de Manufactura

Las unidades productivas que agrupa proceso, para la fabricación de componentes o productos terminados con los mismos o similares requerimientos o secuencia de fabricación.

Las celdas de manufactura se determinan a través de algoritmos de ordenamiento y clasificación Heurístico

Las matriz de incidencia, tabla que resume la secuencia de fabricación para componente o producto terminado, aplicaremos la siguientes fórmulas.

Cuadro N°46: Matriz de incidencia

MATRIZ DE INCIDENCIA

		j		
		1	2	3
i	PT			
	PROCESO	1	2	3
1	A	1		1
2	B		1	
3	C	1		1
4	D		1	
5	E	1		1
6	F		1	

$$W_i = E^j M_{ij}$$

$$W_j = E^i M_{ij}$$

Fuente: Elaboración Propia

*i*: subíndice que controla el # de procesos

*j*: subíndice que controla el # de productos

*W<sub>i</sub>*: peso de las filas de proceso  $W_i = E2^j M_{ij}$

*W<sub>j</sub>*: peso de las columnas de productos  $W_j = E2^i M_{ij}$

*M<sub>ij</sub>*: valor de una celda de la matriz dde incidencia (0,1)

*i*:

$$W1: 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 = 10$$

$$W2: 2^1 * 0 + 2^2 * 1 + 2^3 * 0 = 4$$

$$W3: 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 = 10$$

$$W4: 2^1 * 0 + 2^2 * 1 + 2^3 * 0 = 4$$

$$W5: 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 = 10$$

$$W6: 2^1 * 0 + 2^2 * 1 + 2^3 * 0 = 4$$

*j*:

$$W1: 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 + 2^4 * 0 + 2^5 * 1 + 2^6 * 0 = 42$$

$$W2: 2^1 * 0 + 2^2 * 1 + 2^3 * 0 + 2^4 * 1 + 2^5 * 0 + 2^6 * 1 = 84$$

$$W3: 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 1 + 2^4 * 0 + 2^5 * 1 + 2^6 * 0 = 42$$

Luego de aplicar el cuadro de participación pasaremos a utilizar el método de celdas de manufactura para determinar el grupo de familia de los productos escogidos.

- Clase de Producto

- Conservadora
- Cámaras Frigoríficas
- Pasteleras

- Áreas de Proceso

- A. INGRESO DE CARGA Y DESCARGA
- B. ALMACÉN DE PLANCHAS LAC Y LAF, ÁNGULOS, ETC.
- C. ALMACÉN DE PLANCHA DE ACERO BRILLANTE Y PLANCHA DE TECNOPOR
- D. ARMADO DE ESTRUCTURA EXTERNA
- E. DOBLADO
- F. SOLDADURA ELECTRÓGENA
- G. AISLAMIENTO E INSTALACIÓN DE TUBO DE CONDENSACIÓN
- H. CORTE Y ENSAMBLE DE EVAPORADORES
- I. PICADO DE ALUMINIO
- J. ARMADO DE ESTRUCTURA INTERNA
- K. SOLDADURA DE PUNTO
- L. REFRIGERACIÓN
- M. ENSAMBLE DE ESTRUCTURA Y REFRIGERACIÓN

- N. SOLDADURA Y PINTADO DE BASE, ENSAMBLE DE RUEDAS
- O. CORTE Y ESMERILADO DE CRISTALES
- P. PRUEBA, INSTALACIÓN ELÉCTRICA E INSPECCIÓN
- Q. EMBALADO
- R. ALMACÉN DE PT

Cuadro N°47: Iteración 1

**MATRIZ 1**

		j				
		1	2	3		
i	PT PROCESO	1	2	3	Wi	
	1	A	1	1		
2	B	1	1	1	14	
3	R	1	1	1	14	
4	P	1	1	1	14	
5	Q	1	1	1	14	
6	L	1	1	1	14	
7	G	1	1	1	14	
8	M	1		1	10	
9	E	1		1	10	
10	H	1	1	1	14	
11	F	1	1	1	14	
12	D	1	1	1	14	
13	N	1	1	1	14	
14	C	1	1	1	14	
15	K	1		1	10	
16	J	1	1	1	14	
17	I	1	1	1	14	
18	O	1	1	1	14	
Wj		524,286	490,750	524,286		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°48: Iteración 2, ordenamiento creciente horizontal

**MATRIZ2**

		j	1	2	3		
i	PT					Wi	
	PROCESO	1	2	3			
1	M	1			1	10	
2	E	1			1	10	
3	K	1			1	10	
4	A	1	1		1	14	
5	B	1	1		1	14	
6	R	1	1		1	14	
7	P	1	1		1	14	
8	Q	1	1		1	14	
9	L	1	1		1	14	
10	G	1	1		1	14	
11	H	1	1		1	14	
12	F	1	1		1	14	
13	D	1	1		1	14	
14	N	1	1		1	14	
15	C	1	1		1	14	
16	J	1	1		1	14	
17	I	1	1		1	14	
18	O	1	1		1	14	
Wj		524,286	524,272	524,286			

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°49: Iteración 3, ordenamiento creciente vertical

**MATRIZ 3**

		j	1	2	3		
		PT PROCESO	2	1	3	Wi	
1	M			1	1	12	
2	E			1	1	12	
3	K			1	1	12	
4	A		1	1	1	14	
5	B		1	1	1	14	
6	R		1	1	1	14	
7	P		1	1	1	14	
8	Q		1	1	1	14	
9	L		1	1	1	14	
10	G		1	1	1	14	
11	H		1	1	1	14	
12	F		1	1	1	14	
13	D		1	1	1	14	
14	N		1	1	1	14	
15	C		1	1	1	14	
16	J		1	1	1	14	
17	I		1	1	1	14	
18	O		1	1	1	14	
Wj			524,272	524,286	524,286		

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.8 Método Muther

Al determinar el grupo de familia para cada producto, pasaremos a realizar el método Muther. Este método consiste en determinar y enlazar los procesos o tareas mediante un porcentaje de prioridad, de cual lo obtenemos de acuerdo al nivel de participación del producto, para luego comparar cada producto y generar la nueva distribución y secuencia de cada área.

Cuadro N°50: Método Muther, porcentaje de participación de conservadora y pastelera



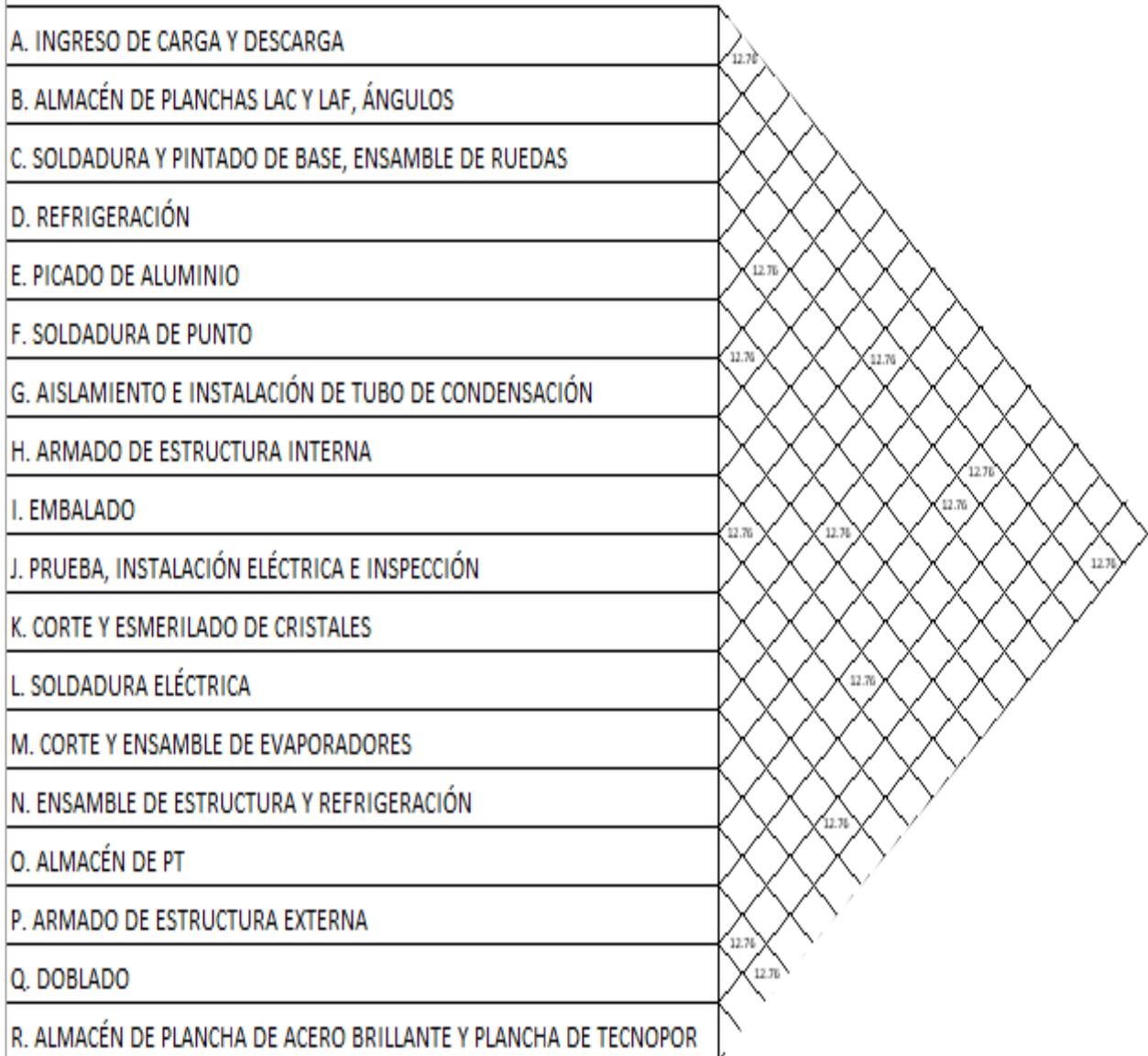
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°51: Método Muther, porcentaje de participación de cámaras frigoríficas

CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARTICIPACIÓN

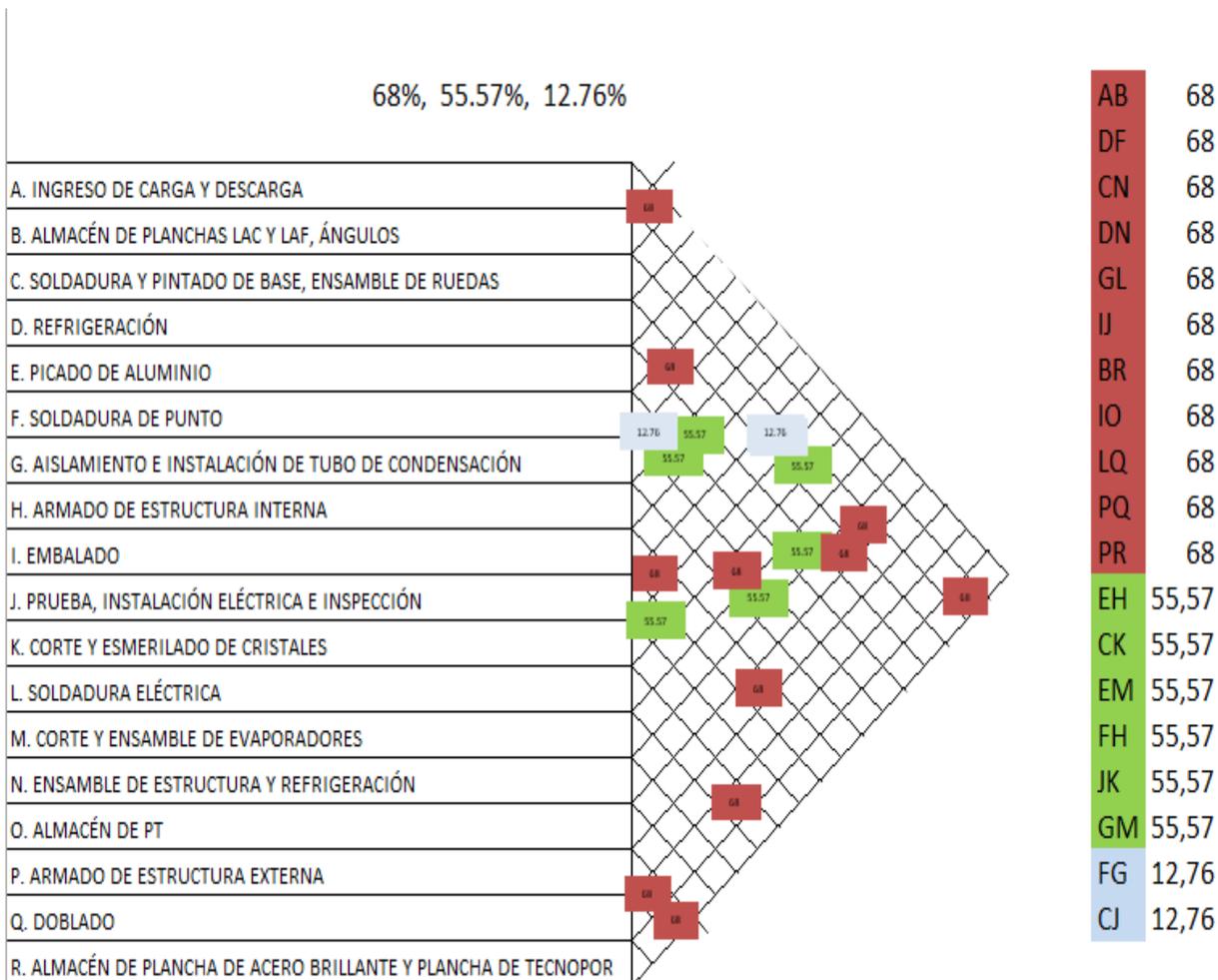
12,76%

A, B, R, P, Q, L, G, F, D, N, C, J, I, O



Fuente: Elaboración Propia

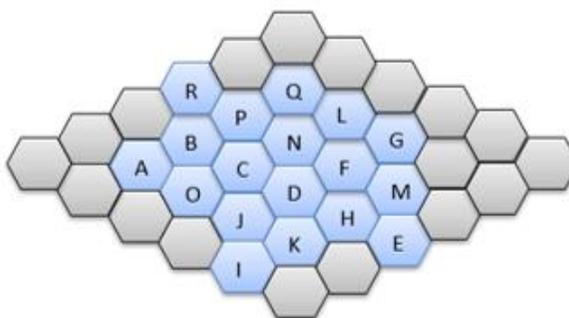
Cuadro N°52: Método Muther, porcentaje acumulado de los procesos



Fuente: Elaboración Propia

Después de evaluar los productos con el porcentaje de participación mostrada en los cuadros N° 50, 51, 52 pasaremos a diseñar el primer Layout dado en la figura N°45.

Figura N°43: Layout propuesto por método Muther



LEYENDA	
AB DF CN DN GL IJ BR IO LQ PQ PR	
EH CK EM FH JK GM	
FG CJ	

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al resultado obtenido del método MUTHER pasaremos a diseñar el nuevo Layout mostrado en la figura N°45. Sin embargo para optimizar esta distribución debemos asociar los resultados del método MUTHER con las condiciones pre establecidos por la empresa a causa del diseño estructural de la instalación que se muestran en la figura N°46 Layout óptimo, además compararemos los Layout propuesto con el Layout actual que posee la empresa figura N°44.

Condiciones:

Primera condición: Las áreas de estructura interna y externa siempre deben estar continuas porque utilizan las mismas maquinarias y equipos; además se considera al área de estructura interna como el cuello de botella por los altos desperdicios que genera.

Segunda condición: Lograr obtener de preferencia una distribución en u

Tercera condición: Los almacenes de materia prima deben estar cerca al área de ingreso y descarga para reducir costos innecesarios de por motivos de descargar de MP e PT y a la vez que sean estratégicos para todas las áreas de producción.

Al finalizar la elaboración del Layout óptimo, en el cuadro N°54 calcularemos el nuevo impacto que esta nueva distribución de planta causa en los costos siendo de un valor s/.4'466.31 soles de recorrido a comparación de los s/. 14'272.88 soles que genera la actual distribución de planta de la empresa CONSORCIO D&E S.A.C ocasionando esta propuesta planteada un ahorro de s/. 9'806.57 soles al año.

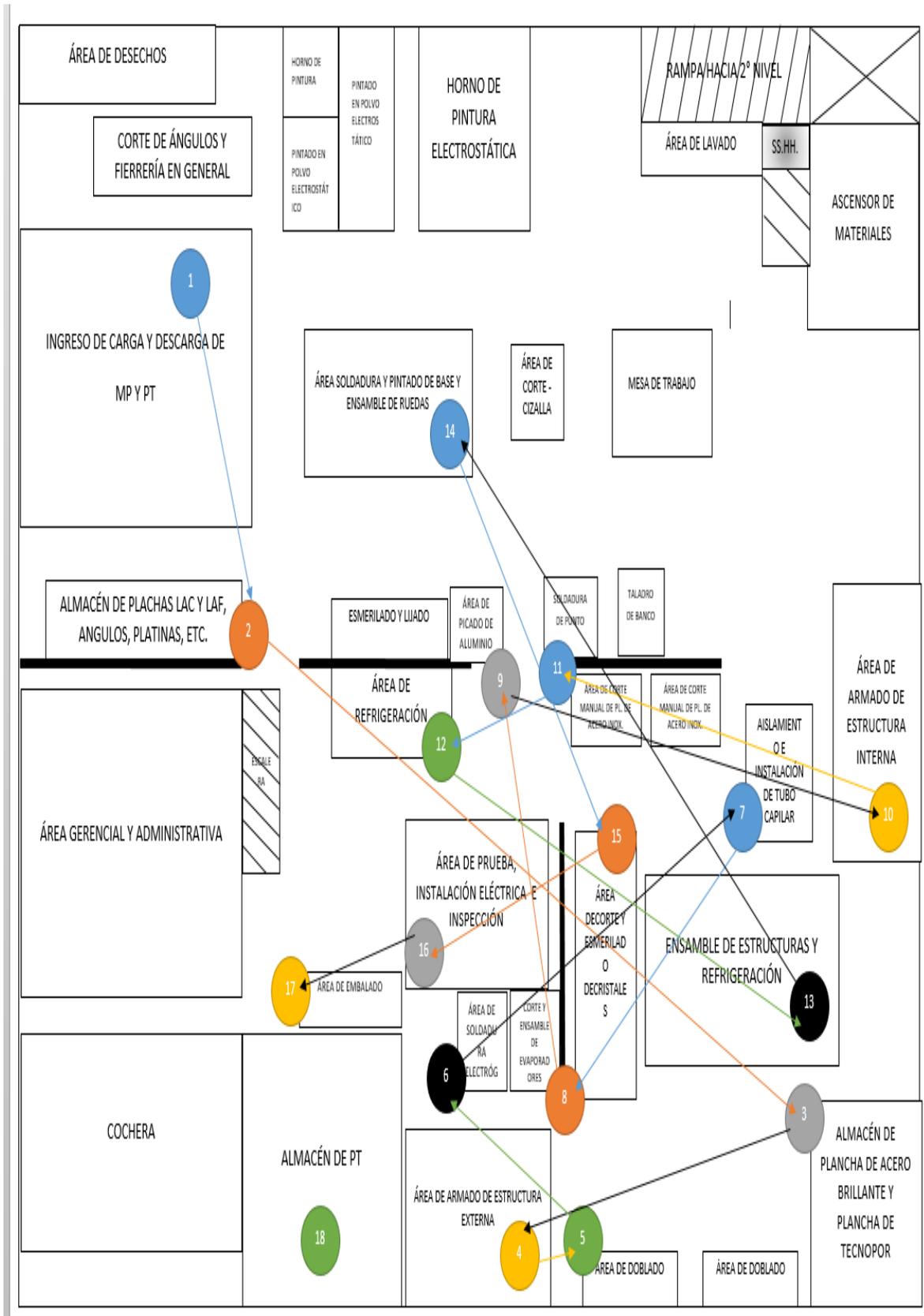
A continuación en el cuadro N°53 y la figura N°44 observaremos la actual distribución que presenta la empresa Consorcio D&E S.A.C como un pequeño resumen de cada área que lo conforma.

Cuadro N°53: Descripción de las áreas de trabajo

DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE TRABAJO	
Área	Descripción
1. Ingreso de carga y descarga de MP y PT	En esta área se realiza la carga y descarga de la materia prima y producto terminado
2. Almacén de planchas LAC y LAF, <, PLT, etc.	En esta área se deposita las planchas LAC, LAF, ángulos, tubos, platinas, fierro cuadrado, fierro calibrado.
3. Almacén de plancha acero brillante y tecnopor	Se almacena la materia prima de acero brillante y tecnopor.
4. Armado de estructura externa	Se realiza el marcado, corte y armado de la plancha de acero brillante 0.6mm y plancha galvaniza 0.6mm.
5. Doblado	Se realiza el doblado de las piezas de acero para estructura interna y externa.
6. Soldadura electrógena	Se realiza el soldado para estructura externa, donde sólo se suelda la plancha galvanizada. Además se suelda la base de la exhibidora y ruedas.
7. Aislamiento e instalación de tubo capilar	Se mide, corta y pega piezas de tecnopor para aislar la exhibidora. Luego se instala la tubería de condensación de cobre.
8. Corte y ensamblaje de evaporadores	Se corta 8 piezas de tubo de cobre de 1.20 m., 10 piezas de tubo de cobre de 11 cm. para doblarlas en U. Seguido se ensambla con los retazos de aluminio ya picado con los tubos de cobre largos, luego se sueldan con los codos de cobre.
9. Picado de aluminio	Se realiza el despliegue de la plancha de aluminio en rollo y se corta a 10 cm de ancho. Finalmente se pican las tiras de aluminio y se cortan en retazos de 20cm.
10. Armado de estructura interna	Se realiza el marcado, corte y armado de la plancha de acero brillante 0.5 mm y 0.6mm, se elaboran las tinas de bodega, parrilla y se pegan los laterales con poliuretano.
11. Soldadura de punto	En esta máquina se sueldan todas las piezas de acero brillante, teniendo en cuenta que no se hagan orificios en la plancha para mantener la estética del producto.
12. Refrigeración	Ensamblado de unidad de frío – compresor, evaporador y motoventilador.
13. Ensamble de estructuras y refrigeración	En esta área de ensamblan la estructura interna con la externa, además se coloca la unidad de frío ya ensamblada (refrigeración).
14. Soldadura, pintado de base y ensamble de rueda	Se realiza el corte, soldado de ángulos para la base; luego se suelda las ruedas giratorias. Finalmente se pinta la estructura.
15. Corte y esmerilado de cristales	En esta área se marca, corta, pule y se realizan orificios en el cristal, tanto cristales laterales, vidrio curvo y vidrios corredizos.
16. Prueba e instalación eléctrica e inspección	En esta área de inyecta el gas refrigerante al compresor, se instala la parte eléctrica (fluorescentes, interruptores, contactor, termostato y cableado). Finalmente se deja encendida la máquina por 12 horas aproximadamente y se regula el termostato, para mantener el frío adecuado.
17. Embalado	En esta área se realiza una limpieza general de la máquina para luego ser embalado con tecnopor, cartón y plástico película.
18. Almacén de producto terminado	En esta área se almacenan y codifican todos los productos.

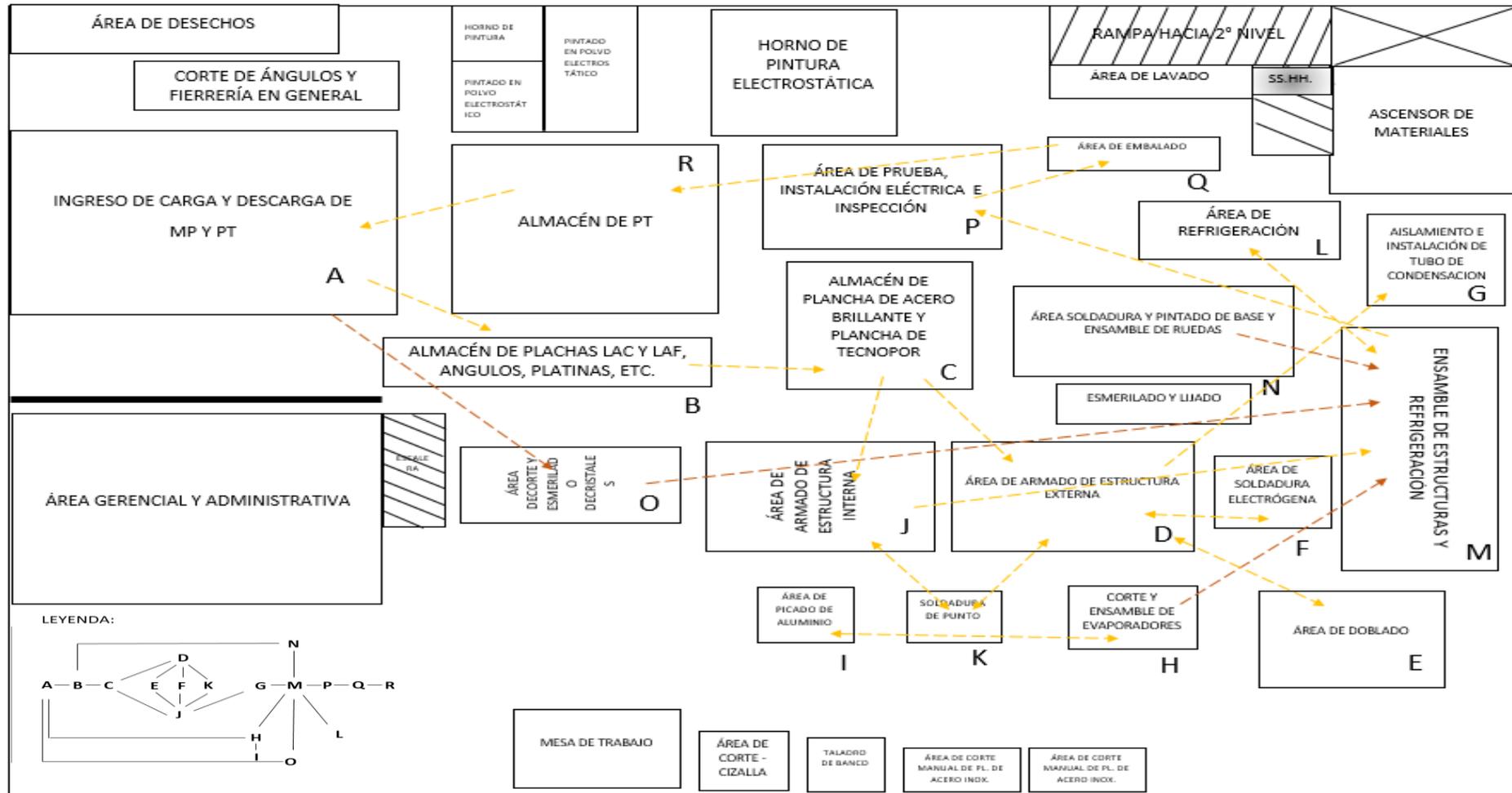
Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Layout Línea de una Exhibidora de Acero Brillante



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°45: Layout plasmado a través de método Muther



Fuente: Elaboración Propia



Cuadro N°54: Ahorro de costo por distribución de planta optimizado

Area de Proceso	# de veces de recorrido	# de trabajadores en dicha área	# de veces de rec. * trabajador	Tiempo de rec. en segundos	Tiempo de rec. en horas	Tiempo en hrs. * (# de veces de rec. * trabajador)	Costo de recorrido diario	Costo de recorrido mensual	Costo de recorrido anual	Tiempo Total de recorrido anual en horas
1. Ingreso de carga t descarga de MP y PT	1	4	4	100	0.028	0.111	-	0.75	8.95	1.33
2. Almacén de planchas LAC y LAF, ángulos, platinas, etc.	25	2	50	5	0.001	0.069	0.46	13.72	164.70	25
3. Almacén de plancha de acero brillante y tecnopol	150	2	300	50	0.014	4.167	-	30.71	368.52	50
4. Área de soldadura y pintado de base, ensamble de ruedas	10	1	10	5	0.001	0.014	0.10	2.87	34.49	5
5. Área de corte manual de plancha de acero inox	40	2	80	5	0.001	0.111	1.12	33.55	402.61	40
6. Área de doblado	80	1	80	5	0.001	0.111	0.79	23.68	284.18	40
7. Corte y ensamble de evaporadores	20	1	20	5	0.001	0.028	0.18	5.48	65.72	10
8. Área de refrigeración	30	1	30	10	0.003	0.083	1.41	42.20	506.40	30
9. Área de corte de vidrio y pulido de vidrio	30	1	30	20	0.006	0.167	1.31	39.42	473.09	60
10. Ensamble de estructuras y refrigeración	50	3	150	5	0.001	0.208	1.94	58.22	698.67	75
11. Área de prueba, instalación eléctrica e inspección	70	2	140	10	0.003	0.389	3.98	119.38	1432.56	140
12. Área de embalado	4	1	4	5	0.001	0.006	0.04	1.10	13.21	2
13. Almacén PT	4	1	4	5	0.001	0.006	0.04	1.10	13.21	2
<b>Total</b>									<b>S/. 4,466.31</b>	<b>480.33</b>
<b>Total sin aplicar propuesta de mejora</b>									<b>S/. 14,272.88</b>	<b>1563.00</b>
<b>Ahorro</b>									<b>S/. 9,806.57</b>	<b>1082.67</b>

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPITULO 5**

# **EVALUACION**

# **ECONOMICA Y**

# **FINANCIERA**

## 5.1 Evaluación económica y resultados esperados

Al finalizar nuestra propuestas de mejora evaluaremos si es en términos económicos factible para la empresa, para eso realizaremos una evaluación económica con un horizonte de tiempo de 2 años divididos en semestres y a una tasa de riesgo del 14%.

Antes de realizar la evaluación determinaremos los costos que conforman la inversión de nuestra propuesta y el pronóstico de la demanda en los próximos dos años.

Cuadro N°55: Cuadro de la inversión

Descripción	Cant.	Costo	Inversión
<b>Six sigma</b>			<b>S/. 21,252</b>
Servicio por elaboración de formatos para asesoría	1	S/. 100.00	S/. 100.00
Servicio por elaboración de formatos para verificación de procesos	1	S/. 100.00	S/. 100.00
Servicio por evaluación de equipos obsoletos	1	S/. 50.00	S/. 50.00
Adquisición de equipo para el proceso de inyección de gas	1	S/. 900.00	S/. 900.00
Costo por capacitación en el uso del programa autodesk inventor	1	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
Diseño en 3d y 2d de las diferentes clases de productos	10	S/. 150.00	S/. 1,500.00
Costo por elaboración de moldes y materiales	1	S/. 106.20	S/. 106.20
Sueldo del MBB y asistente de calidad durante el proyecto six sigma	1	S/. 14,250.00	S/. 14,250.00
Bonificación a operarios participantes del proyecto six sigma	12	S/. 100.00	S/. 1,700.00
Costo de capacitación	60	S/. 15.76	S/. 945.60
Recursos, materiales de escritorio y multimedia	1	S/. 100.00	S/. 100.00
<b>Ingeniería de métodos</b>			<b>S/. 7,659</b>
Servicio por planificación de la distribución de la planta	1	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
Costo de mano de obra por distribución de planta	48	S/. 123.76	S/. 5,940.48
Recursos, materiales de escritorio y multimedia	1	S/. 100.00	S/. 100.00
Costo de capacitación	5	S/. 108.00	S/. 618.80
<b>Inversión total</b>			<b>S/. 28,911</b>

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°56: Pronóstico de la demanda

Año		2017	2018	2019
<b>Demanda pronosticada</b>		150	152	152
Meses	%	Cant.	Cant.	Cant.
Enero	5%	8.055	8.1624	8.1624
Febrero	8%	12.075	12.236	12.236
Marzo	10%	15.105	15.3064	15.3064
<b>Trimestre 1</b>		<b>35</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
Abril	13%	19.125	19.38	19.38
Mayo	5%	8.055	8.1624	8.1624
Junio	9%	14.1	14.288	14.288
<b>Trimestre 2</b>		<b>41</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
Julio	5%	8.055	8.1624	8.1624
Agosto	6%	9.06	9.1808	9.1808
Septiembre	7%	11.07	11.2176	11.2176
<b>Trimestre 3</b>		<b>28</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
Octubre	10%	15.105	15.3064	15.3064
Noviembre	6%	9.06	9.1808	9.1808
Diciembre	14%	21.135	21.4168	21.4168
<b>Trimestre 4</b>		<b>45</b>	<b>46</b>	<b>46</b>

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados del cuadro N°56, diremos que nuestra propuesta de mejora es rentable para la empresa COSORCIO D&E S.A.C con un VAN 6975 soles a un TIR del 21% y un tiempo de retorno de la inversión de un año con 6 meses.

Cuadro N°57: Evaluación económica general

	Trimestre 0	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 5	Trimestre 6	Trimestre 7	Trimestre 8
<b>Ingresos Totales</b>		S/. 8,074.60	S/. 8,760.17	S/. 7,274.76	S/. 9,217.23	S/. 8,074.60	S/. 8,760.17	S/. 7,274.76	S/. 9,217.23
<b>Ahorro en tiempo muertos por nuestro diseño</b>		S/. 4,050	S/. 4,725	S/. 3,263	S/. 5,175	S/. 4,050	S/. 4,725	S/. 3,263	S/. 5,175
<b>Ahorro en tiempo muertos por estandarización del proceso de inyección de gas</b>		S/. 11	S/. 13	S/. 9	S/. 14	S/. 11	S/. 13	S/. 9	S/. 14
<b>Ahorro por desperdicio de gas refrigerante</b>		S/. 54	S/. 63	S/. 44	S/. 69	S/. 54	S/. 63	S/. 44	S/. 69
<b>Ahorro en tiempos muertos por exceso de recorrido</b>		S/. 2,452							
<b>Ahorro promedio por reducción de fallas</b>		S/. 1,508							
<b>Egresos Totales</b>	<b>Para esta propuesta no se apreció un costo recurrente después del plan de inversión, siendo así los contratos son de un periodo de 5 meses para el MBB y el asistente de calidad que se contabiliza en la inversión total dentro del cuadro de inversión.</b>								
<b>Inversión</b>	S/. -28,911								
<b>Flujo neto del proyecto</b>	S/. -28,911	S/. 8,074.60	S/. 8,760.17	S/. 7,274.76	S/. 9,217.23	S/. 8,074.60	S/. 8,760.17	S/. 7,274.76	S/. 9,217.23
<b>VAN (tasa de riesgo de 14%)</b>	S/. 9,603.32								
<b>TIR</b>	23%								
<b>B/C</b>	S/. 1.33								
<b>Beneficio</b>	S/. 38,514.40								
<b>Costo</b>	S/. -28,911								

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPITULO 6**

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

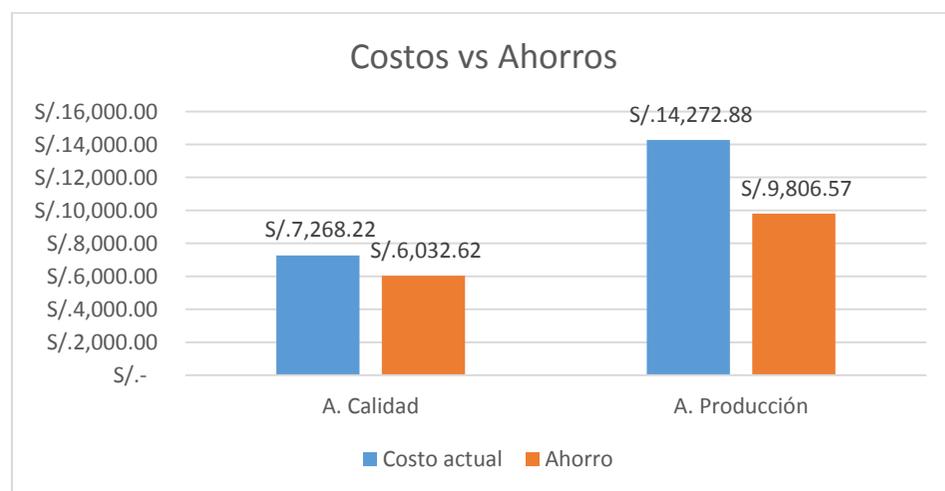
## 6.1 Resultados y discusión

- Después de la realización de la propuesta de mejora en las áreas de calidad y producción obtuvimos los siguientes resultados:

En el área de calidad se apreció un valor promedio anual de s/. 7'268.22 soles (Cuadro N°17) por producto no conforme que conforma la cantidad de 31 registro de fallas (Cuadro N°17) en el año 2017, reduciendo en un 83% con un valor monetario de s/.6'032.62 soles (Cuadro N°18) por medio de la metodología six sigma.

En la área de producción se apreció un valor promedio anual de s/. 14'272.88 soles (Cuadro N°19) en costos ocasionado por recorridos innecesarios dentro de la planta en el año 2017, reduciendo en 68.7% con un valor monetario de s/.9'806.57 soles por medio de la herramientas de la metodología de ingeniería de métodos.

Grafico N°25: Costos vs Ahorros



Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo a la matriz de programación establecemos una serie de indicadores que evalúan el antes y después del proyecto de investigación aplicando la propuesta de mejora y cuyo resultados obtenidos son los siguientes:

El indicador 1 nivel de satisfacción del cliente se obtuvo un valor actual antes de aplicar la propuesta de solución de 19% dividiendo 28 fallas en el año 2017 dentro de la garantía (cuadro N°17) entre 149 que representa el nivel de producción del año 2017. Luego de aplicar la metodología six sigma reduciremos el número de fallas en un 83% siendo un valor de 2 fallas al año esperado dentro de la garantía y cuyo porcentaje asciende al 1%.

El indicador 2 nivel de producto no conforme se obtuvo un valor actual antes de aplicar la propuesta de solución de 21% dividiendo 31 fallas en el año 2017 (cuadro N°3) entre 149 que representa el nivel de producción del año 2017. Luego de aplicar

la metodología six sigma reduciremos el número de fallas en un 83% siendo un valor de 5 fallas al año esperado y cuyo porcentaje asciende al 3%.

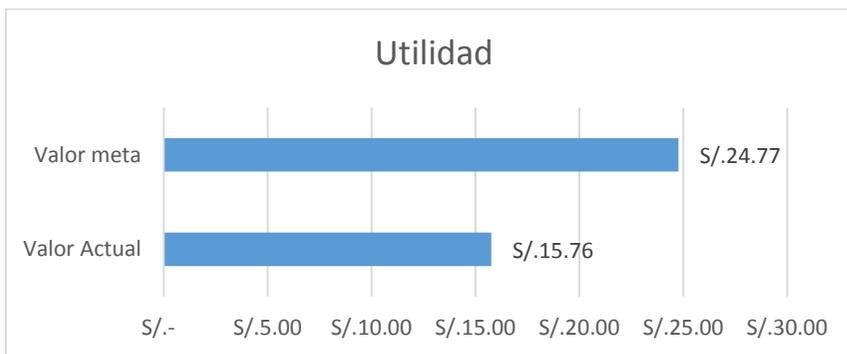
El indicador 3 Margen porcentual entre gasto promedio por fallo de producto entre el costo de producción se obtuvo un valor actual antes de aplicar la propuesta de solución de 8% dividiendo el costo promedio por fallo de s/.234 en el año 2017 (cuadro N°3,16) entre s/.2'932.73 que representa el costo de producción por conservadora en el año 2017. Luego de aplicar la metodología six sigma reduciremos el número de fallas en un 83% siendo un costo promedio esperado por falla de s/. 39.86 y cuyo porcentaje ascienden al 1%.

El indicador 4 porcentaje de tiempo muerto se obtuvo un valor actual antes de aplicar la propuesta de solución de 36.40% dividiendo el tiempo muerto correspondiente a 12.5 horas (anexo N°1) causado por la falta de moldes y la estandarización de la dimensiones de producto terminado entre 34.35 horas que representa el tiempo total de producir una conservadora en el año 2017. Luego de aplicar la metodología six sigma e ingeniería de métodos reduciremos el tiempo muerto por falta de estandarización de dimensiones a cero obteniendo un porcentaje en el valor meta de 0%.

El indicador 5 porcentaje de tiempo de recorrido anual por mala distribución de planta se obtuvo un valor actual antes de aplicar la propuesta de solución de 4.02% dividiendo el tiempo total de recorrido anual en horas con un valor de 1563 horas (cuadro N° 2,18) entre el tiempo de producción anual 38880 horas. Después de aplicar la metodología de ingeniería de métodos reducimos el tiempo de recorrido anual a 480.33 horas (cuadro N°54) obteniendo como valor meta un porcentaje de 1.2%.

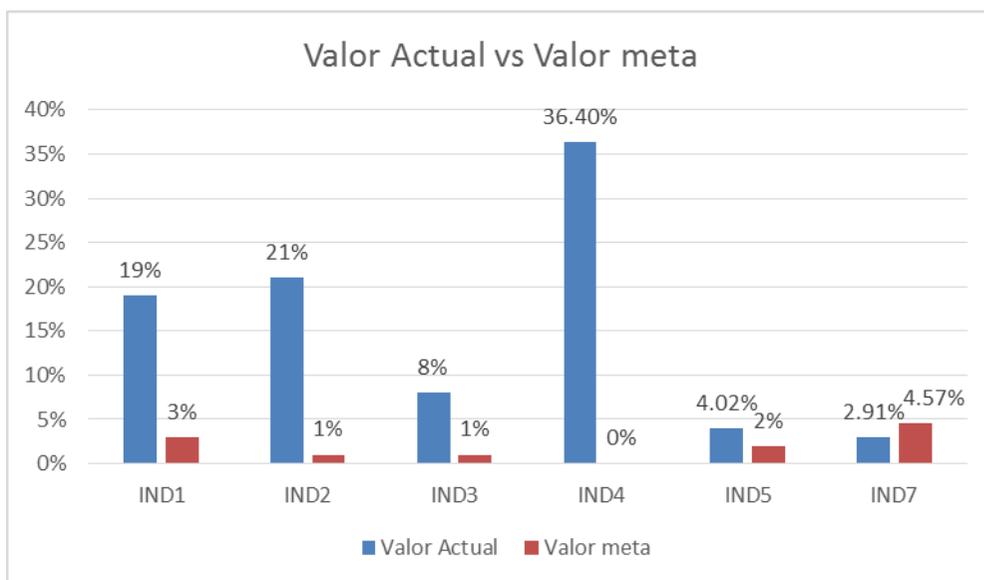
El indicador 6 utilidad por producto y el indicador 7 productividad se obtuvieron los valores actuales de s/. 15.76 y 2.91% respectivamente. Después de eliminar los tiempos muertos de 12.5 horas (anexo N°1) mediante la metodología six sigma e ingeniería de métodos se aumentará el valor de la utilidad y la productividad a un valor de s/. 24.77 y 4.57% respectivamente.

Grafico N°26: Utilidad por producto



Fuente: Elaboración propia

Grafico N°27: Valor meta vs Valor actual



Fuente: Elaboración propia

- A través del software Minitab 2017 calculamos los DPMO de nuestros tres procesos de alto impacto, del cual, nos permitió determinar el nivel sigma de cada proceso teniendo como resultado:  

El proceso de corte y marcado de estructuras internas tiene un nivel de 1 sigma, el proceso de inyección de gas refrigerante tiene un nivel de 2 sigmas y el proceso de instalación de tubería de condensación tiene 3 sigmas. Se espera que después de aplicar el six sigma mediante la metodología DMAIC obtengamos un nivel de 3 sigmas para el proceso de marcado como para el proceso de inyección de gas y finalmente el proceso de instalación de tubería alcance el nivel 6 sigmas.
- El VAN (valor actual neto) de la implementación de este proyecto es de S/.9'603.32 soles (Cuadro N°57) lo que indica que es un proyecto rentable para la empresa Consorcio D&E S.A.C.

- La tasa interna de retorno (TIR) obtenida fue de 23% ( Cuadro N°57}, esta es la tasa a la cual retornará la inversión de este proyecto y que es mucho mayor al costo de oportunidad (cok) de la empresa el cual es de 14%; por lo que el proyecto según este indicador es Rentable.
- El beneficio – costo (B/C) obtenido es de 1.33 soles (Cuadro N°57) con un VNA de s/. 38'514.4 y un costo de inversión de s/ 28'911.08.

# **CAPÍTULO 7**

# **CONCLUSIONES y**

# **RECOMENDACION**

## 7.1 Conclusiones

- Se concluye que aplicando la mejora en las áreas de control de calidad y producción, a través de la metodología Six sigma e Ingeniería de Métodos reducirá costos en la empresa CONSORCIO D&E S.A.C.
- Se determinó que la situación actual de la empresa en el área de producción a través de una mala distribución de planta genera recorridos innecesarios por un valor anual de s/. 14'272.88 soles. Así mismo en el área de calidad se aprecia un costo por producto no conforme por un valor anual de s/. 7'268.22 soles
- Se concluye que aplicando la metodología de ingeniería de métodos a través de las herramientas de celdas de manufactura, distribución de planta por procesos y el método Muther se generó un ahorro de s/. 9'806.57 soles al año optimizando el tiempo de recorrido en la empresa gracias a un estudio de tiempo logrando así obtener una correcta distribución de planta; ocasionado así un impacto positivo en la reducción de costos como en la rentabilidad de la empresa.
- Se concluye que aplicando la metodología Six sigma reduciríamos el costo por falla del producto en un promedio de s/.6'032.62 soles.
- Se aprecia mediante la evaluación económica que la propuesta de mejora es viable con un VAN de s/.9'603.32 soles a una tasa de riesgo del 14%, con un TIR del 23% a un periodo de retorno de 2 años y valor de 1.33 en el B/C deduciendo que por cada nuevo sol invertido ganado 0.33 céntimos.

## 7.2 Recomendaciones

- Para la recopilación de datos para el cálculo de la capacidad del proceso se recomienda tomar las siguientes precauciones: Lo arranques y paradas pueden generar anomalías en la data, además, no se debe realizar ajustes del equipo durante la recopilación de datos.
- Se recomienda establecer un horizonte de tiempo para el proyecto six sigma de entre 4 a 5 meses, debido que en ese tiempo comienza a aparecer los resultados de las mejoras en la empresa, si no es así se evalúa de nuevo la metodología DMAIC o se determinará que es un proyecto fallido.
- Cuando se realiza por primera vez la implementación o propuesta de la metodología six sigma no es obligatoria, pero se recomienda validar todos los datos medibles aportados por los operarios, para así obtener resultados más precisos en la hora de presentar la propuesta a la alta gerencia o al iniciar el análisis estadístico.
- Se recomienda que anualmente se modifique la distribución de planta de acuerdo a la % de participación de productos producidos en ese año actual.
- Establecer indicadores de tiempo para poder medir procesos no identificados y eliminar costos innecesarios.

# BIBLIOGRAFÍA

Robledo, G. (7 de enero del 2013). *Una década de evolución y optimismo de la refrigeración*. En Blog: ACR Latinoamérica. Recuperado de: <http://www.acrlatinoamerica.com/201210224990/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/ventajas-del-compresor-de-un-solo-tornillo.html>

Fernández Mora, E. (2015). *Las empresas de servicios de refrigeración reportan fuerte y creciente demanda*. En el diario El FINANCIERO de Costa Rica. [EN LINEA]. Recuperado de: [http://www.elfinancierocr.com/negocios/Leaho-Refritec-Codiproal-Cenada-Frionet-sistemas\\_de\\_refrigeracion\\_0\\_700130013.html](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Leaho-Refritec-Codiproal-Cenada-Frionet-sistemas_de_refrigeracion_0_700130013.html)

Equipos que garantiza calidad en los sistemas de refrigeración. (12 de marzo del 2014). *Gestión*, pp. 14-15.

Adler, M. (2009). *Producción y operaciones*, Argentina: Macchi Grupo Editor.

Chapman, Stephen N. (2006). *Planificación y control de la Producción*. México. Pearson Educación.

Cuatrecasas, LI. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Díaz de Santos.

Gonzales, M. (2010). *Gestión de la producción*. Bogotá: Ediciones de la U.

Groover, M., (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. (3ra edición). México: McGraw-Hill Interamericana

Kalpakjian, Serope (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (5ta edición). México. Pearson Educación.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. (4ta edición). Ginebra. Oficina Internacional del Trabajo.

Krajewski, Lee; Ritman, Larry; Malhotra, Manoj (2008). *Administración de operaciones*. (8va edición). México. Pearson Educación.

Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. (2ª edición). México: Pearson Educación.

Niebel, B & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega.

Rau, J. (2009). *Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una empresa que comercializa equipos de bombeo para agua de procesos y residuales* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

Reyes, C. (2014). *Propuesta de mejora del método de ensamblaje de motocicletas en una planta de producción Guatemalteca*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Castillo Barahama, L. & Navarro Infante, J. (2013). *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología lean six sigma*. (Tesis de Titulación). Universidad Católica del Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/4925/BARAHONA\\_L\\_EANDRO\\_MEJORA\\_PROCESO\\_GALVANIZADO\\_EMPRESA\\_MANUFACTURERA\\_ALAMBRES\\_ACERO\\_METODOLOGIA\\_LEAN\\_SIX\\_SIGMA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/4925/BARAHONA_L_EANDRO_MEJORA_PROCESO_GALVANIZADO_EMPRESA_MANUFACTURERA_ALAMBRES_ACERO_METODOLOGIA_LEAN_SIX_SIGMA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Cabanillas Muñoz, M. (2004). *Diseño de distribución en planta de una empresa textil*. (Tesis de Titulación). Universidad Mayor de San Marcos. Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/Ingenie/munoz\\_cm/munoz.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/Ingenie/munoz_cm/munoz.pdf)

Vara Fuentes, H. (2012). *Análisis y mejora de procesos y distribución de planta en una empresa que brinda el servicio de revisiones técnicas vehiculares*. (Tesis de Titulación). Universidad Católica del Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1715/FUERTES\\_WILDER\\_REVISIONES\\_TECNICAS\\_VEHICULARES.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1715/FUERTES_WILDER_REVISIONES_TECNICAS_VEHICULARES.pdf?sequence=1)

Ledezma Sánchez, B. (2011). *Transferencia de la línea de Fuel Caps*. (Tesis de Titulación). Universidad Tecnológica de Querétaro. Recuperado de <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IPOI/0109.pdf>

Concha Guaila, J & Barahona Defaz B. (2013). *Mejoramiento de la productividad en la empresa INDUACERO CIA. LTDA, en base al desarrollo e implementación de la metodología 5S y VSM, herramientas del lean manufacturing*. (Tesis de Titulación). Escuela Superior politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3026/1/85T00290.pdf>

# ANEXOS