

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO

**“ESTUDIO Y DISEÑO DEL PLAN  
ESTRATÉGICO PARA EL AHORRO DE  
ENERGÍA APLICANDO METODOLOGÍA  
DMAIC SIX SIGMA EN CERVECERÍA  
NACIONAL”**

AUTOR:

LUIS FERNANDO MOLINA RAMÍREZ

DIRECTOR:

ING. JOSEPH VERGARA

QUITO, JUNIO 2013

**Ing. Joseph Ramón Vergara Cedeño**

**CERTIFICA:**

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos del informe de tesis “ESTUDIO Y DISEÑO DEL PLAN ESTRATÉGICO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA APLICANDO METODOLOGÍA DMAIC SIX SIGMA EN CERVECERÍA NACIONAL”, realizada por el Señor: Luis Fernando Molina Ramírez, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Facultad de Ingenierías- Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por el cumplimiento de los requisitos solicitados autoriza su presentación.

Quito, 11 de junio del 2013

---

**ING. JOSEPH RAMON VERGARA CEDEÑO**  
**DIRECTOR**

## DECLARACIÓN

Yo, Luis Fernando Molina Ramírez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

Los conceptos desarrollados, análisis de resultados, y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 11 de junio del 2013

---

Luis Fernando Molina Ramírez

## *AGRADECIMIENTO*

*Mí más sinceros  
agradecimientos van dirigidos  
a todo el personal docente y  
administrativo de esta  
prestigiosa universidad que  
supieron brindarme una mano  
cuando más hacía falta,  
aquellos ingenieros que en su  
calidad de docentes supieron  
impartir de forma precisa y  
oportuna sus conocimientos  
para mí formación profesional.  
A mí director de Tesis por su  
confianza y apoyo para el  
desarrollo de este trabajo.  
Gracias*

*El Autor*

## DEDICATORIAS

*Agradezco y dedico la culminación del proyecto de Tesis así como la finalización de mi carrera a Dios y a la Virgen María porque siempre los he sentido muy cerca de mí. A mi madre por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida para llegar a ser un buen profesional y una excelente persona. A mi esposa Cecilia por ser la compañera que con su amor, cariño y comprensión me enseñó que todo es posible si estamos juntos. A mi hijo Andrés Sebastián por ser la razón de mi vida y de todo mi esfuerzo.*

*Luis Fernando Molina*

*Ramírez*

*V*

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Las lecturas del consumo de energía eléctrica en Cervecería Nacional Planta Cumbaya presentan una tendencia al crecimiento de acuerdo a los históricos obtenidos en los últimos meses, obteniendo hasta el mes de diciembre del 2011 un incremento en su planilla de \$ 78774,43 Setenta y ocho mil setecientos setenta y cuatro dólares con cuarenta y tres centavos el mismo que es equivalente a 1148376 kilovatios hora el cual es facturado por la Empresa Eléctrica Quito como factura de grandes clientes, la cual requiere de un análisis de investigación más detallado y por áreas de consumo que representan incremento considerables, también se toma en cuenta que el incremento se debe en parte a los varios proyectos ejecutados, sean estos por capacidad, sostenimiento o calidad, los cuales aún no se encuentran óptimamente estabilizados operativamente. Otro posible impacto al consumo puede deberse a los activos y procesos con tecnología muy antigua que no han sido automatizados, los cuales en la mayoría de casos provoca ineficiencias.

## **JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.**

Los costos energéticos son altos y existe consenso en que la emisión de gases de efecto invernadero está contribuyendo al cambio climático, por estas razones debemos ser más eficientes en el consumo de energía, gran parte de la eficiencia energética y la mejora continua tiene que ver con la implementación de buenas prácticas que permiten evaluar de forma exacta consumos de energía de manera independiente por proceso, se encuentran instalados contadores de energía eléctrica en los principales procesos como elaboración, envasado y servicios y se efectúa un monitoreo por procesos unitarios y operación turno – turno el uso de energía eléctrica lo que hace el análisis de mejoras en los puntos de crecimiento de energía eléctrica.

Las lecturas del consumo de energía eléctrica en Cervecería Nacional Planta Cumbayá presentan una tendencia al crecimiento de acuerdo a los históricos obtenidos en los últimos meses, obteniendo hasta el mes de diciembre del 2011 un incremento en su planilla de \$ 78.774,43 Setenta y ocho mil setecientos setenta y cuatro dólares con cuarenta y tres centavos el mismo que es equivalente a 1'148.376 un millón ciento

cuarenta y ocho mil trescientos setenta y seis kilovatios hora el cual es facturado por la Empresa Eléctrica Quito como factura de grandes clientes, la cual requiere de un análisis de investigación más detallado y por áreas de consumo que representan incremento considerables, también se toma en cuenta que el incremento se debe en parte a los varios proyectos ejecutados, sean estos por capacidad, sostenimiento o calidad, los cuales aún no se encuentran óptimamente estabilizados operativamente.

## **ALCANCES.**

El plan estratégico que se implementara para ahorro de energía aplicando la metodología DMAIC Six Sigma en Cervecería Nacional, se abarca la revisión y el análisis de las variables en las diferentes áreas que afecten al consumo de energía eléctrica en kilovatios hora, dando prioridad en lo posible a la estandarización de nuevos procedimientos de operación en los procesos productivos, se estudiará la factibilidad del cambio de tecnología en cargas y sistemas significativamente ineficientes y que tengan impacto en el consumo de energía eléctrica.

Se llevara a cabo la entrega de planes de acción entre cada una de las áreas que conforman los varios procesos para la elaboración del producto.

Se implementara procedimientos de operación en las áreas que representen ineficiencia en base a los análisis de las lecturas de consumo.

Contingencias que se lleven a cabo de presentarse anomalías dentro de cada uno de los procesos con el seguimiento adecuado para su atención y del cumplimiento con tendencia a la mejora mensualmente en consumos energía eléctrica.

## **OBJETIVOS.**

### **General**

Diseñar el plan estratégico para ahorro de energía aplicando la metodología DMAIC Six Sigma en Cervecería Nacional, basados en procedimientos sustentables que permitan realizar mejoras en los procesos, que conlleven a mejorar significativamente el consumo de energía eléctrica.

### **Específicos.**

1. Realizar un estudio del sistema de energía eléctrica de cada una de las áreas de la Cervecería Nacional.
2. Elaborar plan estratégico entre las áreas detectadas con oportunidad de mejora.
3. Implementar procedimientos de operación, en las áreas que representen ineficiencia y afecten el consumo de energía eléctrica.
4. Implementar procedimientos de contingencias al manejo de anomalías detectadas en la planta con el seguimiento adecuado para su atención logrando que los balances finales evidencien niveles de cumplimiento con tendencia a la mejora mensualmente.

### **HIPÓTESIS.**

El estudio y diseño del plan estratégico para el ahorro de energía aplicando la metodología de DMAIC Six Sigma en Cervecería Nacional pretende colaborar al ahorro económico que da como resultado de cada Kilovatio hora ahorrado, una reducción de aproximadamente \$0.053 libre de impuestos, también se verá contribuido con la eficiencia operacional y los debidos procesos de implementar y estandarizar mejores prácticas por evaluar la reconversión tecnológica de equipos.

### **ESQUEMA DE CONTENIDOS.**

#### **I. ESTRATEGÍA Y METODOLOGÍA DE CALIDAD**

- 1.1 Estrategias de Metodología DMAIC Six Sigma
- 1.2 Kaizen mejoramiento continuo
- 1.3 Desarrollo de Estrategias de Proyectos de Ahorro de Energía

#### **II. EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO**

- 2.1 Tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad a nivel industrial
- 2.2 Métodos generales para evaluar inversiones en eficiencia energética
- 2.3 Aplicaciones de la metodología de evaluación de proyectos de eficiencia energética



2.4 Estructura tarifaria a nivel industrial

### **III. DISEÑO Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN**

3.1 Aplicación Metodología DMAIC Six Sigma al consumo de energía Cervecería Nacional

3.2 Procedimientos de operación, en las áreas detectadas

3.3 Contingencias al manejo de anomalías detectadas en los procesos

3.4 Plan de Implementación

### **IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1 Análisis Tarifario

4.2 Análisis del Comportamiento Personal

4.3 Análisis de Potencia consumida en Kilovatios Hora

4.4 Análisis Global del ahorro de Energía en Cervecería Nacional

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## INTRODUCCIÓN

Desde octubre del 2005 Compañía de Cervezas Nacionales es una empresa subsidiaria de SABMiller PLC, segunda cervecera mundial en volumen, con operaciones en cuatro continentes y una producción que supera los 170 millones de hectolitros de cervezas anuales en más de 170 marcas. Desde el 2007 la compañía de Cervezas Nacionales y Cervecería Andina unen esfuerzos para formar una sola compañía a nivel nacional, a partir del 9 de octubre del 2007 CCN cambia su razón social a Cervecería Nacional, CN S.A,

En el 2009 SABMiller invierte \$8 millones en la ampliación del edificio de Cocimiento y la construcción del nuevo edificio administrativo de la planta Quito; En octubre la planta Quito obtiene el primer lugar en el ranking mundial de fábricas de la organización.

Cervecería Nacional Planta Quito S.A. se encuentra ubicada en la antigua vía a Cumbayá. Para SABMiller el desarrollo sostenible es parte integral de la forma de hacer negocios y está alineado con la prioridad estratégica para elevar constantemente la rentabilidad de las empresas locales, una de las Prioridades del Modelo de Desarrollo Sostenible en que SABMiller aplica es el ahorro de energía, reducir su consumo, en cuanto tiene que ver sus procesos de operación por ello se realizan constantemente proyectos que ayuden a ser una empresa competitiva, en todos los ámbitos en que se desarrollan las organizaciones de manufactura, demandan como imperativo estratégico metodologías que atiendan de manera rápida y continua los problemas que se presentan en los procesos de toda la organización bajo una visión sistematizada en la que puedan participar los integrantes de la misma, aportando soluciones e implementando acciones.

El presente estudio establece acciones encaminadas a colocarse en el ámbito de competitividad enunciado sin tener que cambiar radicalmente el proceso existente, sino con la aplicación metodológica de técnicas como el Six Sigma DMAIC que bajo ciclos de mejora posicionen a la organización en lo general con ventaja, en lo referente a la generación y utilización de energía para sus procesos productivos.

En cuanto a los análisis de la información se tomará en cuenta que la Cervecería Nacional se maneja con índice F-12 que corresponde al año fiscal que empieza en el mes de abril

del 2011 y termina marzo del 2012 y el F-13 que corresponde al mes de abril del 2012 a marzo del 2013.

La metodología DMAIC Six Sigma se fundamenta en una percepción multidisciplinaria que permite la atención y corrección de condiciones que reflejen mejoras medibles en el corto plazo en áreas críticas de producción como lo es una compañía de cervezas en la ciudad de Quito, lo que a su vez proporciona una fortaleza en un proceso de superación continua de las áreas de oportunidad detectadas en relación con la velocidad con que son atendidas, aplicando los recursos para su mejora y máximo aprovechamiento de los mismos en especial en lo que respecta al ahorro de energía.

Six Sigma es un método de calidad que ha producido resultados impresionantes en compañías y organizaciones a nivel mundial, tomando en cuenta que para lograrlo se requiere mucho trabajo en equipo y disciplina para implantarlo.

Six Sigma cuenta con diversas herramientas que ayudan a la implementación de este método, así como las organizaciones a tomar decisiones, resolver problemas y gestionar el cambio.

Los pasos que se siguen en esta metodología son; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. A estos pasos se los conoce como DMAIC, que son las etapas para la realización de proyectos que se utilizan para mejorar los procesos existentes.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	II
DECLARACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	VI
ALCANCES.....	VII
OBJETIVOS. ....	VII
HIPÓTESIS. ....	VIII
ESQUEMA DE CONTENIDOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I: ESTRATEGÍA Y METODOLOGÍA DE CALIDAD.....	10
<b>1.1 ESTRATEGIAS DE METODOLOGÍA DMAIC SIX SIGMA .....</b>	<b>10</b>
1.1.1 ESTRUCTURA DMAIC.....	16
1.1.1.1 SPONSOR O CHAMPIONS DE LOS PROYECTOS .....	16
1.1.1.2 JEFE DE PROYECTO (GREEN BELT).....	17
1.1.1.3 PROPIETARIO DEL PROCESO .....	17
1.1.1.4 MIEMBROS DEL EQUIPO.....	17
1.1.2 DMAIC .....	18
1.1.3 HERRAMIENTAS SIX SIGMA .....	20
1.1.3.1 GRAFICAS DE SERIE DE TIEMPO.....	21
1.1.3.2 EL MAPEO DE ALTO NIVEL (SIPOC).....	22
1.1.3.3 DIAGRAMA DE PARETO.....	23
1.1.3.4 ANÁLISIS GAP.....	23
1.1.3.5 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	24
1.1.3.6 HISTOGRAMAS .....	24

1.1.3.7 MEDIDAS DE DISPERSIÓN .....	25
1.1.3.8 MEDIDAS DE POSICIÓN (CUARTILES).....	25
1.1.3.9 MACRO MAPA DEL PROCESO.....	26
1.1.3.10 CRITERIOS DE ESTRATIFICACIÓN .....	28
1.1.3.11 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
1.1.3.12 ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CP Y CPK).....	32
1.1.3.13 FISHBONE.....	38
1.1.3.14 MATRIZ CAUSA-EFECTO.....	39
1.1.3.15 AMEF .....	40
1.1.4 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN SIX SIGMA .....	41
1.1.5 LOS 7 DESPERDICIOS EN EL SISTEMA SIX SIGMA .....	42
1.1.6 PROCESO DE LAS 5S .....	43
1.1.7 NIVELES DE DESEMPEÑO .....	45
1.1.8 MANUFACTURA ESBELTA.....	45
<b>1.2 KAIZEN MEJORAMIENTO CONTINUO.....</b>	<b>46</b>
1.2.1 SISTEMAS FUNDAMENTALES .....	47
1.2.2 DESPLIEGUE DE POLÍTICAS .....	47
1.2.2.1 CONTROL DE CALIDAD TOTAL / GERENCIA DE CALIDAD TOTAL.....	47
1.2.2.2 UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO O JIT .....	48
1.2.2.3 UN SISTEMA DE SUGERENCIAS .....	50
1.2.2.4 ACTIVIDADES DE GRUPOS PEQUEÑOS .....	51
1.2.2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (MPT).....	51
1.2.3 INTEGRANTES DEL EQUIPO KAIZEN.....	52
1.2.4 SECUENCIA DEL KAIZEN .....	52
<b>1.3 DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA .....</b>	<b>53</b>
1.3.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS .....	54
<b>CAPÍTULO II: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO .....</b>	<b>57</b>
<b>2.1 TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DE LA ELECTRICIDAD A NIVEL INDUSTRIAL. ....</b>	<b>57</b>
2.1.1 SISTEMAS ENERGÉTICOS.....	58
2.1.2 MOTORES ELÉCTRICOS MÁS EFICIENTES .....	58
2.1.2.1 EFICIENCIA DE LOS MOTORES .....	59
2.1.2.2 COMPONENTES CLAVES PARA LA CALIDAD DE LOS MOTORES ...	60
2.1.2.3 FIABILIDAD DE LOS MOTORES .....	63

2.1.3 ILUMINACIÓN LED (LIGHT EMISION DIODE).....	63
2.1.4 PANELES FOTOVOLTAICOS.....	65
2.1.4.1 TIPOS DE PANELES .....	66
<b>2.2 MÉTODOS GENERALES PARA EVALUAR INVERSIONES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>66</b>
2.2.1 PROCESO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	66
2.2.2 PROCESO DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA.....	67
<b>2.3 APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>68</b>
2.3.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA .....	69
2.3.2 REGISTRO DE DATOS.....	70
2.3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	70
2.3.4 CICLO DEMING AL USO RACIONAL DE ENERGÍA .....	70
<b>2.4 ESTRUCTURA TARIFARIA A NIVEL INDUSTRIAL.....</b>	<b>71</b>
2.4.1 PLIEGO TARIFARIO VIGENTE (1 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2012) .....	72
2.4.2 TARIFA G7.....	72
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>75</b>
<b>3.1 APLICACIÓN METODOLOGÍA DMAIC SIX SIGMA AL CONSUMO DE ENERGÍA CERVECERÍA NACIONAL. ....</b>	<b>75</b>
3.1.1 DEFINIR.....	76
3.1.1.1 OBJETIVO, ANTECEDENTES Y MÉTRICA DEL PROYECTO .....	76
3.1.1.2 ENTREGABLES Y ALCANCE ESPERADOS.....	77
3.1.1.3 BENEFICIO Y RECURSOS CLAVE AL NEGOCIO.....	77
3.1.1.4 RECURSOS HUMANOS, TIEMPO.....	78
3.1.1.5 ESTADÍSTICAS DE KWH/HL CONSUMIDOS DESDE EL 2011 .....	80
3.1.1.6 GRÁFICO DE CORRIDA MÉTRICA PRIMARIO.....	81
3.1.1.7 PARETO POR CONSUMO DE ENERGÍA .....	82
3.1.1.8 SIPOC .....	84
3.1.2 MEDIR.....	84
3.1.2.1 MACRO MAPA DEL PROCESO.....	86
3.1.2.2 PLAN RECOLECCIÓN DE DATOS .....	88
3.1.2.3 CRITERIOS DE ESTRATIFICACIÓN.....	89
3.1.2.3.1 INDICADOR DE PRODUCCIÓN.....	91
3.1.2.3.3 INDICADOR DE MANTENIMIENTO.....	94
3.1.3 ANALIZAR .....	96

3.1.3.1 ANÁLISIS OPORTUNIDADES DE AHORRO POR ÁREAS.....	96
3.1.3.2 FISHBONE.....	98
3.1.3.3 MATRIZ CAUSA Y EFECTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO .....	99
3.1.3.4 ANÁLISIS DE CAUSAS Y EFECTOS EN LOS MODOS DE FALLA (AMEF) .....	100
3.1.4 IMPLEMENTAR .....	101
3.1.4.1 IMPLEMENTAR ACCIONES A CAUSAS RAÍCES .....	101
3.1.4.1.1 ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE INTERÉS DETECTADOS EN EL SISTEMA DE FRÍO.....	101
3.1.4.1.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE INTERÉS DETECTADOS EN EL SISTEMA DE AIRE.....	102
3.1.4.1.3 SEGUIMIENTO AL PERSONAL EN DÍAS TRABAJADOS .....	103
3.1.4.1.4 IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE MEJORA.....	105
3.1.4.1.5 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	106
3.1.4.1.6 LECCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS.....	106
3.1.4.1.7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE.....	109
3.1.4.1.8 OPTIMIZACIÓN DE ARRANQUE EN LA LÍNEA DE ENVASE.....	109
3.1.4.2 ANÁLISIS DESPUÉS DE LAS IMPLEMENTACIONES .....	111
3.1.4.2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRÍO .....	111
3.1.5 CONTROLAR.....	113
<b>3.2 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, EN LAS ÁREAS DETECTADAS .....</b>	<b>115</b>
3.2.1 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN SISTEMA DE FRÍO .....	115
3.2.2 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN SISTEMA DE AIRE .....	117
3.2.3 ACCIONES TOMADAS .....	119
3.2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	119
<b>3.3 CONTINGENCIAS AL MANEJO DE ANORMALIDADES DETECTADAS EN LOS PROCESOS. ....</b>	<b>120</b>
3.3.1 MEDIO AMBIENTE.....	120
3.3.2 MATERIALES .....	120
3.3.3 MÉTODOS.....	121
3.3.4 MAQUINARIAS.....	121
3.3.5 RECURSO HUMANO.....	121
<b>3.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>122</b>
3.4.1 PLANIFICACIÓN .....	122
3.4.2 DISEÑO.....	123
3.4.3 VALIDACIÓN .....	125

3.4.4 COMISIÓN .....	126
3.4.5 TRANSICIÓN .....	126
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
<b>4.1 ANÁLISIS TARIFARIO .....</b>	<b>127</b>
<b>4.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO PERSONAL .....</b>	<b>128</b>
4.2.1 EL PERSONAL - CLAVE PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO ..	129
<b>4.3 ANÁLISIS DE POTENCIA CONSUMIDA EN KILOVATIOS HORA....</b>	<b>131</b>
4.3.1 ANÁLISIS EN DIAS DE PRODUCCIÓN.....	134
4.3.2 ANÁLISIS EN DIAS DE MANTENIMIENTO.....	135
<b>4.4 ANÁLISIS GLOBAL DEL AHORRO DE ENERGÍA EN CERVECERÍA NACIONAL .....</b>	<b>136</b>
4.4.1 ANÁLISIS EN DIAS DE MANTENIMIENTO.....	136
4.4.2 ANÁLISIS EN DIAS DE PRODUCCIÓN.....	138
4.4.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PLANTA .....	139
4.4.4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	141
<b>CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES .....</b>	<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Análisis de Cp .....	34
Tabla 1.2. Niveles de Sigma y desperdicios .....	45
Tabla 1.3. Soluciones Just in Time .....	50
Tabla 1.4. Descripción de las funciones de cada uno de los integrantes del equipo Kaizen .....	52
Tabla 1.5. Metodología de aplicación en secuencia del Kaizen. ....	53
Tabla 1.6. Selección de Proyectos .....	56
Tabla 2.1. Distribución de pérdidas comunes en los motores.....	59
Tabla 2.2. Causas y soluciones de las pérdidas en los motores .....	60
Tabla 2.3. Fórmula de consumo específico de energía eléctrica.....	70
Tabla 2.4 Ciclo Deming .....	71
Tabla 3.1. Información general del Proyecto .....	75
Tabla 3.2. Recursos .....	78



Tabla 3.3. Tiempo de Implementación .....	79
Tabla 3.4. Pareto por Áreas.....	83
Tabla 3.5. SIPOC .....	84
Tabla 3.6. Forma de Recolección de datos .....	89
Tabla 3.7. Promedio del Indicador de Mantenimiento.....	95
Tabla 3.8. Oportunidad de Ahorro.....	97
Tabla 3.10. Matriz de efectos a modo de falla .....	100
Tabla 3.11. Análisis de Problemas en el Sistema de Frio .....	102
Tabla 3.12. Análisis de Problemas en el Sistema de Aire.....	103
Tabla 3.13. Kaizen del Personal del Proyecto.....	104
Tabla 3.14. Proceso para la Mejora continua.....	105
Tabla 3.15. Optimización del proceso de Arranque .....	110
Tabla 3.16. Optimización del proceso de Arranque .....	110
Tabla 3.17. Kilovatios Optimización del proceso de Arranque.....	113
Tabla 3.18. Proceso de Planificación .....	123
Tabla 3.19. Pasos Implementación .....	124
Tabla 3.20. Proceso de Implantación .....	125
Tabla 4.1. Facturación Planilla Eléctrica 2011-2012 C.N. ....	127
Tabla 4.2. Data Histórica 2011 -2012 .....	132
Tabla 4.3. Data Histórica KWh. 2012 C.N. ....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Desviación estándar ( $\sigma$ ): Distancia entre la media y el punto de inflexión.....	11
Figura 1.2. Nivel 3 Sigma.....	11
Figura 1.3. Nivel 6 Sigma.....	12
Figura 1.4. Nivel 3 a 6 Sigma.....	13
Figura 1.5. Nivel 3,8 a 6 Sigma.....	13
Figura 1.6. Enfoque DMAIC .....	14
Figura 1.7. Efecto Embudo.....	15
Figura 1.8. Organización de Roles .....	18
Figura 1.9. DMAIC.....	19

Figura 1.10. Declaración del Problema.....	22
Figura 1.11. Cuartiles .....	25
Figura 1.12. Ejemplo Macromapa de proceso .....	26
Figura 1.13. Mapa de proceso detallado .....	27
Figura 1.14. Símbolos empleados.....	28
Figura 1.15. Criterios Comunes de Estratificación.....	29
Figura 1.16. Plan de recolección de datos .....	31
Figura 1.17. Plan de recolección de datos .....	32
Figura 1.18. Voz del Cliente .....	33
Figura 1.19. Capacidad de Proceso .....	33
Figura 1.20. Cálculo de Cp.....	35
Figura 1.21. Cálculo de $Cp < 1$ .....	35
Figura 1.22. Cálculo de $Cp = 2$ .....	36
Figura 1.23. Cálculo de CpK .....	36
Figura 1.24. Cálculo de Ppk.....	37
Figura 1.25. Diagrama de Ishikawa .....	38
Figura 1.26. Matriz Causa y Efecto .....	39
Figura 1.27. AMEF.....	41
Figura 1.28. Relación del Six sigma y Lean Manufacturing. ....	46
Figura 1.29. Como Priorizar un Proyecto Six Sigma. ....	55
Figura 2.1. Cambio tecnológico y tendencia .....	57
Figura 2.2. PM-motor.....	61
Figura 2.3. Eficiencia % .....	62
Figura 2.4. PM-motor.....	62
Figura 2.5. Iluminación Fluorescente.....	64
Figura 2.6. Iluminación LED.....	64
Figura 2.7. Paneles Fotovoltaicos.....	65
Figura 3.1. Indicador de Kilovatio hora consumido/ Hectolitro.....	82
Figura 3.2. Capacidad de Proceso .....	82
Figura 3.3. Pareto por Áreas.....	83
Figura 3.4. Procesos.....	86
Figura 3.5. Mapa Funcional de la energía eléctrica.....	87
Figura 3.6. Diagrama de flujo de Energía .....	88
Figura 3.7. Diagrama de flujo de Energía .....	90
Figura 3.8. Diagrama de flujo de Energía .....	90
Figura 3.9. Estratificación.....	91
Figura 3.10. Indicador de producción.....	92

Figura 3.11. Desviación Estándar de Producción .....	93
Figura 3.12. Indicadores por Cuartiles .....	93
Figura 3.13. Indicador de Mantenimiento .....	94
Figura 3.14. Resumen del Indicador de Mantenimiento .....	95
Figura 3.15. Pareto por Oportunidad de Ahorro .....	97
Figura 3.16. Fishbone.....	98
Figura 3.17. Pareto Matriz de Causa y efecto .....	99
Figura 3.18. Lección de un punto Sistema de Aire.....	107
Figura 3.19. Lección de un punto Sistema de Frío .....	108
Figura 3.20. Análisis del Sistema de Frío .....	112
Figura 3.21. Análisis del Mantenimiento y Producción en el Sistema de Frío .....	112
Figura 3.22. Toma de datos Compresores del Sistema de Frío.....	114
Figura 3.23. Procedimiento en el área del Sistema de Frío.....	116
Figura 3.24. Ahorro esperado del Sistema de Frío .....	117
Figura 3.25. Procedimiento en el área del Sistema de Aire .....	118
Figura 3.26. Plan de implementación .....	122
Figura 4.1. Tarifa Planilla Eléctrica .....	128
Figura 4.2. Ciclo del trabajo en Equipo .....	129
Figura 4.3. Equipo Servicios Auxiliares Cervecería Nacional.....	131
Figura 4.4. Gráfica de Corrida 2011-2012 .....	132
Figura 4.5. Gráfica de Corrida KWh. 2012 .....	133
Figura 4.6. Kilovatios Hora Producción 2011-2012 .....	134
Figura 4.7. Kilovatios Hora Producción 2012 .....	134
Figura 4.8. Kilovatios Hora Mantenimiento 2011-2012.....	135
Figura 4.9. Kilovatios Hora Mantenimiento 2012 .....	136
Figura 4.10. Análisis en días de Mantenimiento .....	137
Figura 4.11. Capacidad de Proceso Indicador de Mantenimiento.....	137
Figura 4.12. Análisis en Producción.....	138
Figura 4.13. Capacidad del Proceso Indicador en Producción.....	139
Figura 4.14. Análisis Indicador Planta Quito .....	139
Figura 4.15. Resumen de la Capacidad de la Planta .....	140
Figura 4.16. Capacidad del proceso indicador de la Planta Antes y Después .....	140
Figura 4.17. Representación Áreas en Cervecería Nacional.....	141

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A - ANÁLISIS DE LA DATA HISTORICA 2011-2012 CN.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO B - ANÁLISIS DE LOS ÍNDICADORES POR AREA CN.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO C – DATA DIARIA CONSUMO DE ENERGÍA 2011-2012 CN .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO D – MATRIZ CAUSA Y EFECTO .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO E – REGISTROS SISTEMAS AIRE Y FRÍO .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO F – FACTURAS EMPRESA ELÉCTRICA.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO G – DATA CERVECERÍA NACIONAL 2012 .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO H– DOCUMENTOS DE RESPALDO.....</b>	<b>148</b>

## **CAPÍTULO I: ESTRATEGÍA Y METODOLOGÍA DE CALIDAD**

### **1.1 ESTRATEGIAS DE METODOLOGÍA DMAIC SIX SIGMA**

En 1940 los Estados Unidos participa en La II Guerra Mundial y están conformados con calidad del equipo y suministros bélicos. Estados Unidos abandona métodos estadísticos. En 1950 Deming y sus peritos en estadística son enviados a Japón, En Estados Unidos el enfoque principal es producción. En 1960 Japón continua mejorando, en 1970 Estados Unidos empieza a darse cuenta del peligro Japonés, en 1980 adoptan ISO 9000 que es reingeniería en Calidad 6 Sigma, en 1990 se observa una Economía Global y se extiende el ISO 9000 y se expande la filosofía de Calidad 6 Sigma, en General Electric cambian de paradigma de calidad de productos y servicio a calidad del negocio. Y en el 2000 Lean Seis Sigma implementan Seis Sigma en las empresas y lo ven como elemento estratégico.

En el presente proyecto se ha decidido optimizar los recursos ahorrando energía eléctrica, al ser una planta de manufactura se implementa la estrategia de metodología Six Sigma siendo una de las más óptimas para revisar los procesos y delimitar las acciones a seguir para obtener los resultados esperados dentro de las razones para aplicar esta metodología están:

Los procesos de Six sigma y Tiempo de Ciclo Total ( Empresa Esbelta) fueron 2 iniciativas que surgieron a mediados de la década de 1980, en Motorola debido a su aplicación y sus buenos resultados el proceso se ha institucionalizado a nivel mundial en el mejoramiento continuo.[1]

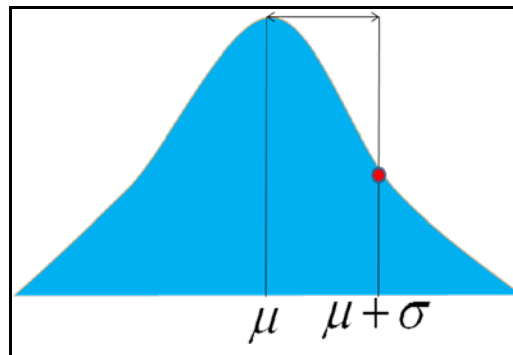
La metodología Six Sigma implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión, en el presente proyecto se propone su uso para obtener el mayor ahorro de energía eléctrica, reduciendo las etapas de desperdicio y los tiempos de ciclos.

Analizándola más detalladamente podemos definirla de dos maneras.

- Como Medida: Sigma es una letra griega minúscula que simboliza la desviación estándar. Es considerada una herramienta estadística que expresa

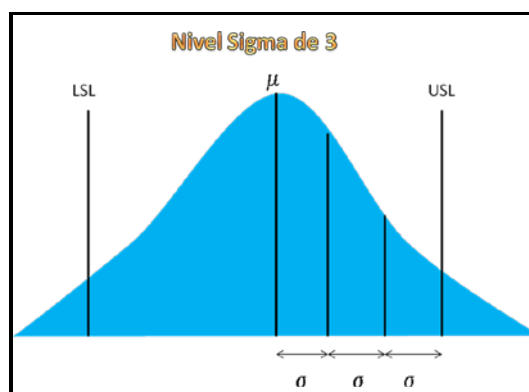
un parámetro de dispersión mostrando la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, cuanto mayor sea el valor de sigmas, menor será el número de valores fuera de especificación. Es decir que sigma es una escala de calidad que mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los dos límites de especificación. [2] [3]

Sigma es: letra del alfabeto griego,  $\sigma$  símbolo para la desviación estándar, medición de la variación de una data. En la Figura 1.1 se presenta el promedio y su desviación estándar lo cual nos indica que tan lejos de la medida caen en promedio los elementos de la población.



**Figura 1.1. Desviación estándar ( $\sigma$ ): Distancia entre la media y el punto de inflexión<sup>1</sup>**

Un nivel de tres Sigma como muestra la Figura 1.2 que está cumpliendo límites de especificación el cual está dado por nuestro cliente lo cual nos quiere decir que mi data de población se encuentra en 6,6% defectuoso.



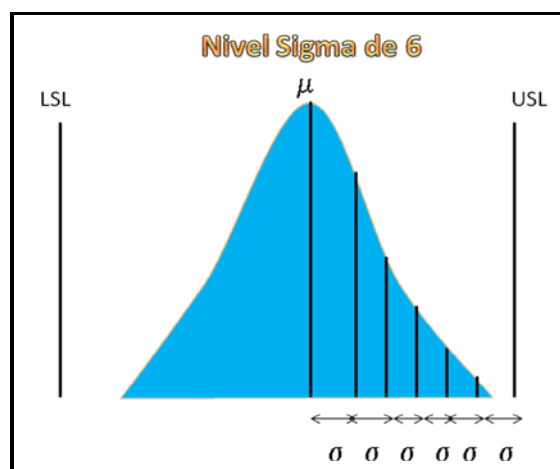
**Figura 1.2. Nivel 3 Sigma<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Autor

<sup>2</sup> Autor

En la Figura 1.3 se muestra un nivel de seis Sigma lo cual nos quiere decir que mi data de población se encuentra en 3,4 defectos por millón y se encuentra como una empresa esbelta y cumple con la desviación estándar dentro de los límites de especificación y tiene una similitud a una campana de Gauss.

*“También llamada distribución de Gauss y es una distribución de probabilidad de variable continua, la gráfica tiene la forma de una campana y guarda simetría con los parámetros estadísticos que se buscan y sirve para modelar datos extensos”.*<sup>3</sup>



**Figura 1.3. Nivel 6 Sigma<sup>4</sup>**

Un nivel de cambio de tres Sigma a seis Sigma como esta en la Figura 1.4 muestra mi data de población que se encuentra en 6.6% defectuoso y con el seguimiento de la metodología llega ser cero defectos reduciendo la variabilidad respecto a mis límites de especificación lo cual se puede evitar desperdicios innecesarios y aumentar mi productividad en el área de proceso a implementarse. ¿Por qué seis sigma? En una compañía de 3 Sigma, se estima que sus costos de fallas sean al menos el 15 % de las ventas.

<sup>3</sup> Abraham de Moivre. (1793). [http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_normal](http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_normal)

<sup>4</sup> Autor



Figura 1.4. Nivel 3 a 6 Sigma<sup>5</sup>

Para intervenir en problemas presentados en cualquier área se puede implementar la metodología contando con información se destacan la mejora de la calidad sigma se toma en cuenta los análisis de datos y de la implementación del Six Sigma se resume en la siguiente Figura 1.5.

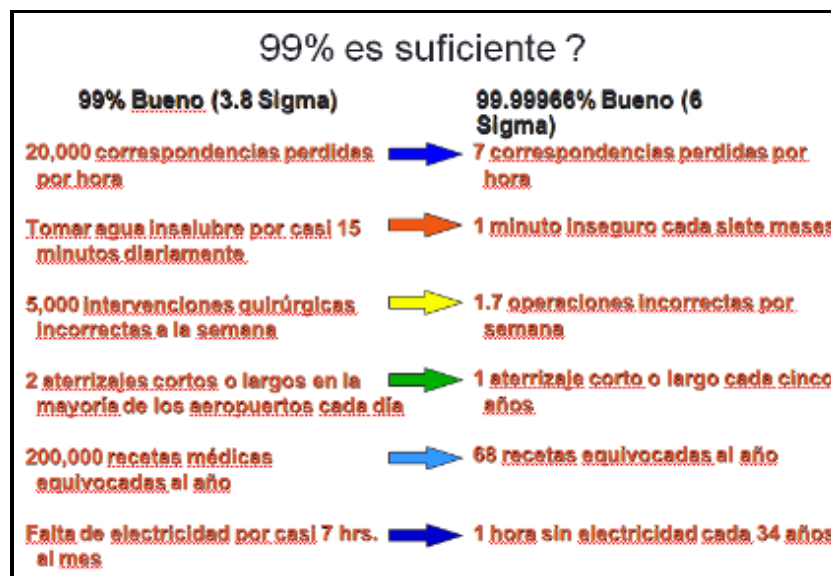


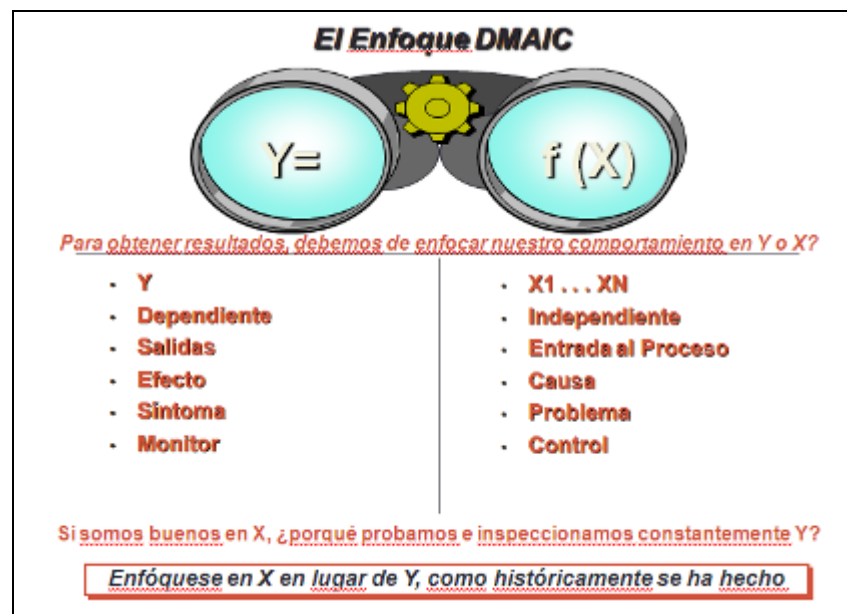
Figura 1.5. Nivel 3,8 a 6 Sigma<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

<sup>6</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.



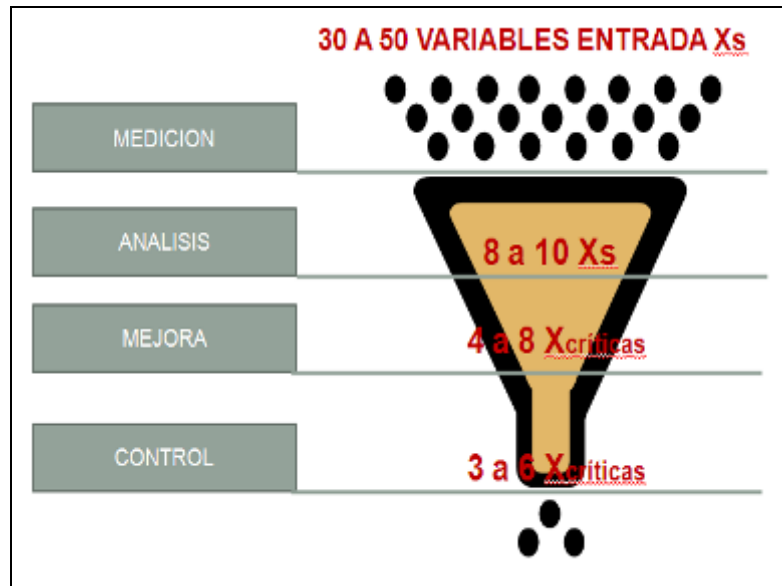
Por qué tener un enfoque basado en esfuerzos DMAIC se deduce de la siguiente manera es cuándo las fuerzas de mercado reducen precios. Para que surja la metodología y tome forma se toma en cuenta el enfoque que debe dársele a las variables que afecten a mi sistema y centrarse en cada una de mis entradas de mi proceso y si tenemos controlados mis entradas no tenemos por qué preocuparnos por nuestra variable dependiente como se lo muestra en la siguiente Figura 1.6.



**Figura 1.6. Enfoque DMAIC<sup>7</sup>**

El efecto embudo que tenemos a continuación en la Figura 1.7 podemos tener un determinado número de variables las cuales a través de mi ciclo DMAIC podemos ir restando y al final obteniendo mis variables críticas las cuales se van a modificar en el transcurso de mi implementación de la metodología.

<sup>7</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.



**Figura 1.7. Efecto Embudo<sup>8</sup>**

- Como Metodología: Es una estrategia que sirve para crear procesos de mejora continua en los negocios, busca encontrar y eliminar causas de errores, defectos y reducir el costo, mejorando los procesos enfocándose a las variables relevantes acordes a las necesidades de los procesos y de los clientes.[4]

Six Sigma es: ser mejor más rápido, mejora continua es igual a supervivencia la competencia usa mejora continua, Six Sigma es igual a dominio ser mejor lo más rápido posible.

Six Sigma dentro de una metodología comprende también:

- Una Visión clara dentro de la empresa lo cual todos siguen su lineamiento.
- Una Filosofía de mejora continua que tienen que cumplir empresas que se manejan manufactura de clase mundial.
- Un Sistema de Administración que se encuentren involucrados y formen parte de la solución.
- Una meta agresiva para incentivar que unidos para un mismo fin logren llegar a cumplirlo.

<sup>8</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

- Una caja de herramientas que tiene ser difundida por medio de capacitación continua del manejo de los mismos.
- Un método estándar para la solución de problemas que conlleven a establecer procedimientos de identificación de parámetros que afecten mi proceso.

### **1.1.1 ESTRUCTURA DMAIC**

Actores Six Sigma que intervienen en la implementación de la metodología cumpliendo con cada uno de sus funciones que se predetermina para cada integrante:

- Sponsor y Champions de los proyectos
- Coach
- Jefe de proyecto
- Propietario del proceso
- Miembros del equipo

#### **1.1.1.1 SPONSOR O CHAMPIONS DE LOS PROYECTOS**

Su deber es justificar la necesidad de los proyectos y fijar sus objetivos, estar preparado para los cambios durante el proyecto, aconsejar y aprobar los cambios más relevantes dentro de la etapa del proyecto, conseguir y asignar recursos para su correcto desenvolvimiento de funciones, defender el trabajo en equipo, eliminar las barreras ya sean por jerarquía de soluciones, garantizar la implantación de la solución y su seguimiento del mismo, aprender y respaldar una gestión basada en datos ya sean históricos o relevantes en la actualidad, monitoreo de proyectos que vayan surgiendo con el pasar de los tiempos, presencia durante reuniones con Coach para de acuerdos importantes dentro del proyecto, promocionar y celebrar los éxitos del

equipo.

#### **1.1.1.2 JEFE DE PROYECTO (GREEN BELT)**

Su objetivos es revisar y aclarar la necesidad del proyecto con su Sponsor, seleccionar junto con el Sponsor a los miembros del equipo de acuerdo a las áreas enfocadas en el problema, trabajar con los miembros del equipo en la aplicación de las herramientas DMAIC, apoyar a los miembros a aprender y utilizar la metodología y herramienta DMAIC, planificación y seguimiento de aplicación de mejoras continuas, estandarización y capacitación en las mejoras implementadas, mantener la implantación del proyecto en el transcurso del tiempo, registrar los resultados del proyecto a través de presentaciones en power point.

#### **1.1.1.3 PROPIETARIO DEL PROCESO**

Las funciones de los propietarios es estar abierto a los cambios drásticos en las áreas detectadas, responsable de dirigir el proceso mejorado y mantenimiento de los procesos claves de funcionamiento, asistir a las reuniones de trabajo planificadas por el jefe del proyecto para entrega de reportes de avance.

#### **1.1.1.4 MIEMBROS DEL EQUIPO**

Seguir las instrucciones del Jefe del Proyecto para la aplicación de las herramientas DMAIC asistir a las capacitaciones y reuniones de trabajo establecidas para el desarrollo de proyectos, estar presentes durante la auditoría del proyecto al concluir por lo tanto se debe tener algunas habilidades de proceso amplio conocimientos del proceso, del producto y el cliente, acceso a la información sobre el problema o el proceso, voluntad de trabajar y cooperar con los demás miembros del equipo, que

exista la posibilidad de dedicar tiempo a la recolección de datos y asistir a las reuniones, capacidad para cuestionar lo establecido y por último queda desplegado los roles que cumplen cada uno de los roles como se muestra en la Figura 1.8.[5]



Figura 1.8. Organización de Roles<sup>9</sup>

### 1.1.2 DMAIC

DMAIC es la metodología usada para solución de problemas, proyectos para eliminar pérdidas, dentro de la estructura de DMAIC debe ser implementado en manufactura dentro del pilar de Mejora Especifica de TPM (Lo Primero es enfocarse).A lo largo de la Cadena de Valor puede usarse desde problemas sencillos de una pieza o maquina hasta equipos y áreas de alta complejidad involucrando toda la cadena de abastecimiento.

DMAIC provee una simple y estructurada metodología de 5 pasos para resolver problemas como se indica en la Figura 1.9.

<sup>9</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

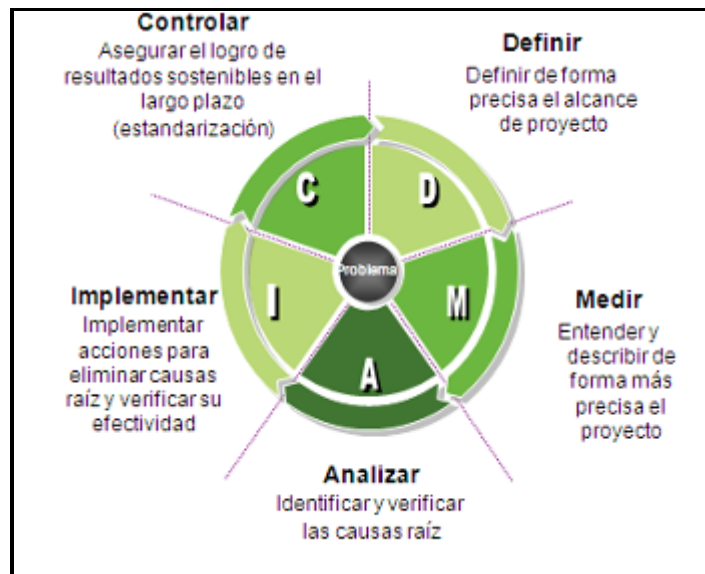


Figura 1.9. DMAIC<sup>10</sup>

DMAIC toma 3 principios que son:

1. Una gestión lógica y rigurosa de la metodología del proyecto.
2. Busca decidir basados en datos y hechos
3. El éxito requiere trabajo en equipo, coaching e involucramiento de los líderes

DEFINIR: Mapeo de procesos y Modelamiento.

- Identificar proyectos, Champion y Dueños de proyectos.
- Determinar requerimientos de Clientes.
- Definir el problema, objetivos, metas y beneficios.
- Definir Análisis de recursos.
- Mapear el proceso.
- Desarrollar plan del proyecto.

MEDIR: Análisis de las mediciones del sistema y capacidad del proceso.

- Determinar las variables X`s y Y`s.
- Determinar definiciones operacionales.
- Establecer estándar de desempeño.
- Realizar recolección de datos y plan de muestreo.

<sup>10</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

- Validar las mediciones.
- Análisis de las mediciones.
- Determinar capacidad del proceso y niveles bases.

ANALIZAR: Pruebas estadísticas, Modelamiento y análisis de causa raíz.

- Realizar Benchmarking de los procesos y productos.
- Establecer relaciones de causalidad basados en los datos.
- Análisis del mapa de proceso.
- Determinar las causas raíces usando los datos.

IMPLEMENTAR: diseño de experimentos y validación

- Diseño de experimentos.
- Desarrollar soluciones alternativas.
- Análisis de riesgos y beneficios de las soluciones.
- Validar la solución elegida usando un piloto.
- Implementar la solución.
- Determinar la efectividad de la solución analizando los datos.

CONTROL: Control estadístico de procesos

- Control estadístico de procesos.
- Determinar necesidades de control (Mediciones, diseño de indicadores, etc.)
- Implementar y validar controles.
- Desarrollar planes de transferencia.
- Obtener beneficios de la implementación de la solución.
- Cerrar el proyecto y comunicar los resultados.[6]

### **1.1.3 HERRAMIENTAS SIX SIGMA**

Esta metodología utiliza diversas herramientas estadísticas para mejorar los procesos y la calidad de éstos, de las cuales se enuncian las siguientes:

- Graficas de Serie de Tiempo
- El Mapeo de alto nivel (SIPOC)
- Diagrama de Pareto
- Análisis GAP
- Medidas de Tendencia Central
- Histogramas
- Medidas de Dispersión
- Medidas de Posición (Cuartiles)
- Macromapa de Proceso
- Criterios de Estratificación
- Análisis de Capacidad
- Plan de Recolección de datos
- Diagrama de Espina de Pescado
- Matriz Causa-Efecto
- AMEF

### **1.1.3.1 GRAFICAS DE SERIE DE TIEMPO**

Un gráfico de tiempo muestra los valores que toma un indicador en contra el tiempo, para construir este tipo de gráficos, capturamos los datos generados en la secuencia correcta conectando los puntos obtenidos, cuando interpretemos el gráfico debemos de buscar patrones en los puntos y cuales salen de rango (los más grande o pequeños respecto de los demás).

Interpretando gráficos de series de tiempo cuál es la tendencia del indicador en los dos años anteriores, se tiene una tendencia ascendente, descendente o estable, existen picos en la gráfica o es uniforme, existen patrones cíclicos o estacionales, cual es el valor más bajo que se ha obtenido. Cuál es el más alto. En qué periodo ocurrió. Buscando algún comportamiento histórico, el objetivo global es realista, pero al mismo tiempo retador, alguna vez se ha alcanzado.

Aprovechando gráficos de series de tiempo estos gráficos pueden usarse para monitorear el avance del proyecto y los resultados, se puede alcanzar una mayor



profundidad usando, flechas que indiquen la dirección al mejor resultado, mejor resultado alcanzado por otra línea, unidad o competidor, línea punteada representando el valor objetivo a alcanzar.

### 1.1.3.2 EL MAPEO DE ALTO NIVEL (SIPOC)

Los objetivos del mapeo de alto nivel, conocer el alcance del proyecto, determinar si poseo el conocimiento o los recursos para desarrollar este proyecto, conocer las áreas de donde deberán ser tomados los miembros de mi proyecto, conocer de forma general las salidas (Y's) que podrá tener mi proceso.

Para crear un diagrama SIPOC se debe seguir las siguientes recomendaciones: graficar un macro mapa del proceso de no más de 7 etapas se tiene que identificar las salidas claves y los clientes de estas salidas (Lluvia de ideas), identificar entradas y proveedores (Lluvia de ideas) Figura 1.10.

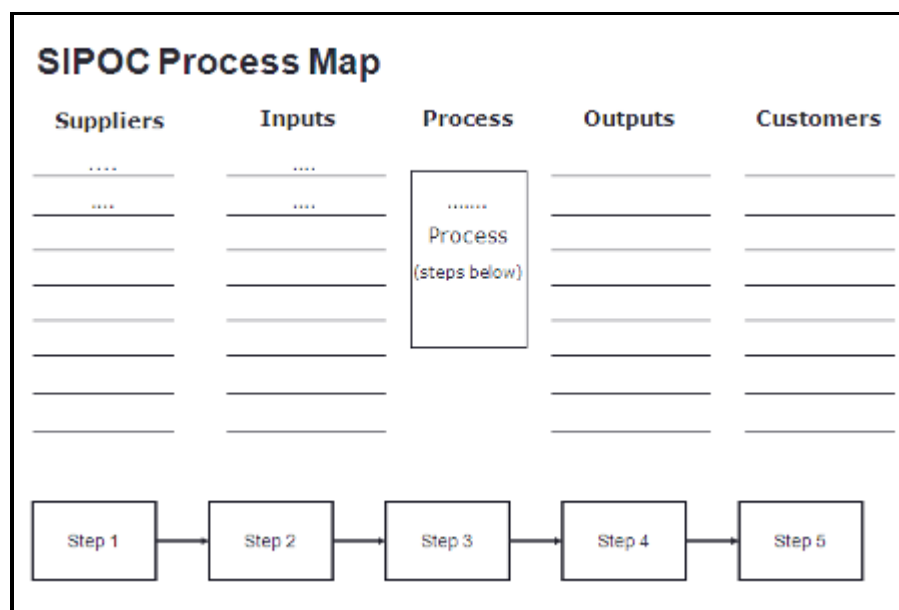


Figura 1.10. Declaración del Problema<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

### 1.1.3.3 DIAGRAMA DE PARETO

Los datos se organizan por categorías de por orden descendente, desde la izquierda hasta la derecha por medio de barras las cuales se da un orden de prioridad. El diagrama permite ubicar los problemas con más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto.

El cuadro de Pareto se basa en la teoría de que el 80 por ciento de los problemas en una operación tiende a provenir del 20 por ciento de las causas.

*“Es una herramienta estadística que se utiliza para graficar la diferencia entre datos y medidas demostrando la importancia relativa de, los mismos”<sup>12</sup>*

### 1.1.3.4 ANÁLISIS GAP

El análisis GAP diferencia entre la situación actual (Promedio) y el mejor valor alcanzado (Referencia). La Referencia es igual al valor que demuestra el mejor resultado obtenido para el indicador. Los valores referencia pueden ser internos (los mejores resultados por una línea del mismo tipo en la localidad) o externos (otra fábrica o competidor).

Este análisis también es llamado análisis de la brecha, un análisis de vacíos se completa para comprender el funcionamiento de un proceso en comparación con lo que se espera o estándar.

También puede ser utilizado para comparar la salida de un proceso de comparación con la competencia. En este proyecto se usará para relacionar el valor obtenido actualmente y la meta que se desea o el valor óptimo de consumo. [8]

---

<sup>12</sup><http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.isixsigma.com/tools-templates/pareto/pareto-chart-bar-chart-histogram-and-pareto-principle-8020-rule/>

### 1.1.3.5 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Para realizar un adecuado registro de los datos de la planta de Cervecería Nacional Cumbayá y obtener una percepción global de los procesos se ha procedido a utilizar las medidas de tendencia central.

*Son indicadores estadísticos que nos permiten agrupar valores y conocer de forma descriptiva los datos con el fin de obtener una percepción rápida de los sucesos, los más importantes son:*

- *La Media Aritmética: Se aplica en datos cuantitativos dividiendo la sumatoria total para el número de datos en un conjunto.*
- *La Mediana: sirve para segmentar en dos partes un determinado número de datos.*
- *La Moda: Indica el valor con más frecuencia en un número de datos<sup>13</sup>.*

### 1.1.3.6 HISTOGRAMAS

Es la presentación de datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que algo ocurre, el Histograma muestra gráficamente la capacidad de un proceso, también da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.

*“Es una representación gráfica de una variable en forma de barras determinada por la frecuencia de los datos y nos permite conocer características, tendencias y comportamientos para facilitar la toma de decisiones”<sup>14</sup>.*

---

<sup>13</sup><http://www.mvzunipaz.edu.co/documentos/biblioteca/libros/estadistica/capitulo-iv.pdf>

<sup>14</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Histograma>

### 1.1.3.7 MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Para realizar un análisis de datos dentro de la implementación del proceso DMAIC se procede al registro estadístico de las variables encontradas para lo cual se utiliza las medidas de dispersión.

Son indicadores estadísticos referidos en la variabilidad que existen entre los datos observados cuantificando su dispersión, entre ellas se tienen:

- El Rango: Es la diferencia entre el valor más alto y más bajo de un grupo de datos.
- La Varianza: Es una medida de dispersión relativa a la media aritmética y su resultado depende de que tan cerca o lejos estén los datos.
- La Desviación Estándar: Se la llama desviación típica y se calcula en base a la media y es la raíz cuadrada de la varianza.
- El coeficiente de Variación de Pearson (C.V.): Se usa para comparar el grado de dispersión de dos distribuciones de datos expresados en diferentes medidas o unidades y se define de forma porcentual. [10]

### 1.1.3.8 MEDIDAS DE POSICIÓN (CUARTILES)

Los Cuartiles: Son números que dividen al grupo de datos en grupos de aproximadamente el 25% de los datos se indica en la Figura 1.11.

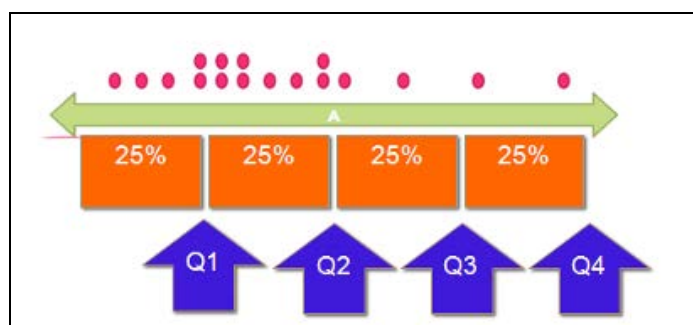


Figura 1.11. Cuartiles<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

“Son indicadores estadísticos que dividen un conjunto de datos en grupos con el mismo número de individuos, para ello se ordenan los datos de menor a mayor. Los cuartiles dividen un conjunto de datos en 4 partes iguales”.<sup>16</sup>

### 1.1.3.9 MACRO MAPA DEL PROCESO

Es un método que ilustra la manera en que a lo largo de los procesos un producto o transacción es procesada, es una representación visual del flujo de trabajo y comprende una cadena de actividades que transforma un serie de entradas en salidas pre-definidas

Las Características que encierran el Macromapa del procesos es una fotografía a gran altura de nuestro proceso también ayuda a enfocar y definir el alcance el proyecto el cual se incluyen los pasos importantes o sintetizados del proyecto es una buena herramienta para presentaciones ejecutivas. Elementos incluidos en un Macromapa son: pasos principales del proceso, especificaciones del producto de los pasos principales, se debe siempre resaltar el área objetivo del proyecto un ejemplo se observa en la Figura 1.12.

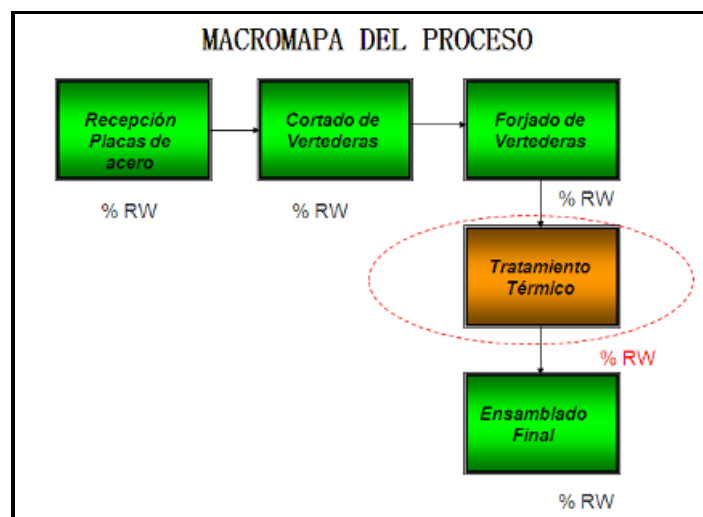


Figura 1.12. Ejemplo Macromapa de proceso<sup>17</sup>

<sup>16</sup> 2010. [http://www.ditutor.com/estadistica/medidas\\_posicion.html/](http://www.ditutor.com/estadistica/medidas_posicion.html/)

<sup>17</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

También existen mapas de proceso detallado Figura 1.13 que nos ofrecen mayores niveles de detalle, entre los mapas de proceso detallado tenemos:

- Mapas de actividad de proceso
- Mapas de despliegue de procesos
- Mapas de Flujo de trabajo
- Mapas de oportunidad de mejoras

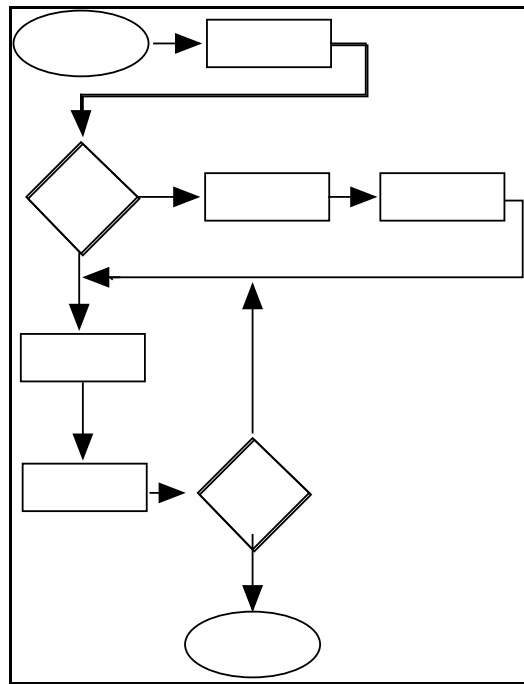


Figura 1.13. Mapa de proceso detallado<sup>18</sup>

Como crear mapas de procesos detallado es posible mapear un proceso desde cuatro diferentes perspectivas:

¿Qué se piensa el proceso es?

¿Qué es realmente el proceso?

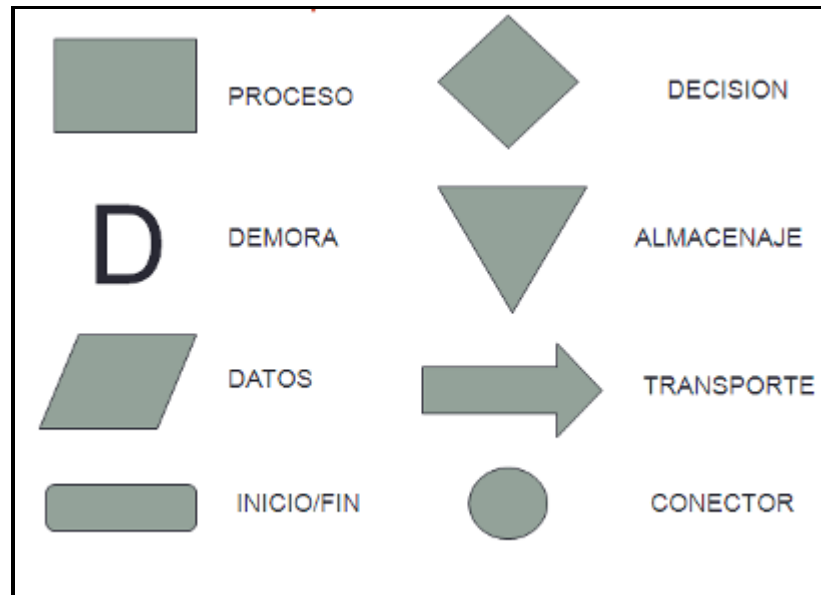
¿Qué podría ser el proceso?

¿Qué el proceso debería ser?

---

<sup>18</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

En la mayoría de los casos representamos la situación actual, el mapa de proceso debe reflejar lo que está sucediendo en el proceso. En el mapa de proceso también se puede detallar símbolos que lo observamos a continuación en la siguiente Figura 1.14.



**Figura 1.14. Símbolos empleados<sup>19</sup>**

Los mapas del proceso pueden ser mejorados señalando aquellas variables X que pudieran tener influencia con aquellas variables de salida Y. Estas variables deberán ser probadas a través de la etapa de análisis.

### **1.1.3.10 CRITERIOS DE ESTRATIFICACIÓN**

Los Datos Muestran lo que en realidad está ocurriendo por ende se debe estratificar es separar o dividir los datos en grupos, conocidos como criterios o subgrupos. Factores como equipos, productos, turnos, métodos, son ejemplos de posibles categorías de estratificación. La recolección de datos es más eficiente si se estratifica, tomando información de diferentes puntos de vista para focalizar el problema de forma correcta ejemplos de estratificación muestra la Figura 1.15.

<sup>19</sup> Autor

Definiendo los Criterios de Estratificación antes de empezar a recolectar y analizar datos debemos de preguntarnos algunos temas:

- Tiempo: Los resultados/síntomas de este problema son diferentes en la mañana tarde o noche.
- Lugar: Los resultados/síntomas de este problema son diferentes en otras máquinas, líneas o regiones donde se fabrica el producto.
- Tipo: Se obtienen diferentes resultados dependiendo del material que usamos.
- Síntoma: Los resultados varían en términos de los posibles defectos que observamos.
- Personas: Los resultados cambian con diferentes personas.



**Figura 1.15. Criterios Comunes de Estratificación<sup>20</sup>**

Otros criterios de estratificación no existe una lista definida acerca de todos los criterios de estratificación es posible. A continuación algunos criterios de estratificación posibles:

- Ruta
- Proveedor de transporte

<sup>20</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.



- Conductor
- Supervisor
- Región
- Contratista

### **1.1.3.11 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

El proceso de recolección de datos es una etapa muy importante este nos ayudara a encontrar los datos que manejaremos dentro de todo el proyecto pero hay que tener en cuenta lo diferentes tipos de datos que identificado influye directamente en el método de análisis que se aplique sobre los mismos, son datos continuos (Cuantitativos) y discretos (Cualitativos).

Los datos continuos (Cuantitativos) se los conoce también como variables son cualquier variable medida en una escala que pueda ser infinitamente dividida, usualmente preferidos debido a la gran cantidad de herramientas que se cuentan para analizarlos, por ejemplo, duración de llamada, peso, densidad, temperatura, tiempos de ciclo.

Los datos discretos (Cualitativos) son porcentaje o proporción: resultado de contar ocurrencias o no ocurrencias: Ausentismo, % ítems defectuosos, % re trabajo. Conteos en un área de oportunidad: Contar considerando un área de oportunidad: Paros de máquinas por mes, errores por semana, accidentes por año. Nominales: Tipo de accidente, tipo de transporte, tipo de reclamo. Ordinales: Los nombres o etiquetas representan un valor inherente (Existe un orden para cada etiqueta), Ejemplo: Excelente, muy bueno, bueno, regular, insuficiente.

“Es un diagrama que permite recolectar datos confiables reflejando la realidad de los sucesos y consiste en determinar que se va a hacer, porque, en donde, quienes serán los responsables, como y cuál es el costo en dinero y tiempos”.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup><http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/EB/658.562-B147a/658.562-B147a->

El plan de recolección de datos presenta información detallada en el proceso de recolección:

- (What) ¿Qué se medirá?
- (Why) ¿Propósito de la recolección?
- (How) ¿Cómo son registrados los resultados?
- (Where) ¿Dónde se registran los resultados?
- (When) Tamaño y frecuencia de la muestra
- (Who) Persona a cargo de la recolección.

La herramienta 5W 1H puede ser usada para preparar un Plan de Recolección de Datos. – Who (Quién va a medir), What (Qué se va a medir), Where (Dónde medir), When (Cuándo medir), Why (Porqué medir) y How (Cómo medir) Figura 1.16.

Que medir (WHAT)	Unidad de medición	Donde Medir (WHERE)	Muestra (WHEN)	Como recolectar (HOW)	Porque recolectar (WHY)	Persona a cargo (WHO)
Nivel de servicio con respecto al tiempo de entrega	% de entregas a tiempo	Sistema SAP	Se analizará toda la población considerando que se lleva registro de todas las entregas	Obtener archivo con información de entregas con tiempo mayor al ofrecido al cliente	Permite conocer el nivel actual de desempeño del proceso.	Peter Analista Administrativo

**Figura 1.16. Plan de recolección de datos<sup>22</sup>**

Nos planteamos Qué preguntas queremos responder con estos datos, cómo podemos estar seguros que los datos son precisos qué preguntas deseamos responder a través de los datos, mejorar nuestro nivel de servicio con respecto a los tiempos de entrega:

- ¿Cuál es nuestro nivel de servicio con respecto a los tiempos de entrega?
- ¿Cuáles son nuestros errores más comunes al momento de realizar entregas?
- ¿El número de errores depende de la ruta o zona donde realizamos las entregas?
- ¿El número de errores depende de la compañía empleada para realizar las entregas?

A continuación se emplea un debido análisis Figura 1.17, de cada uno de los preguntas a realizarse.

Establecer% 20y% 20validar% 20el% 20plan% 20de% 20recoleccion% 20de% 20datos.pdf

<sup>22</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

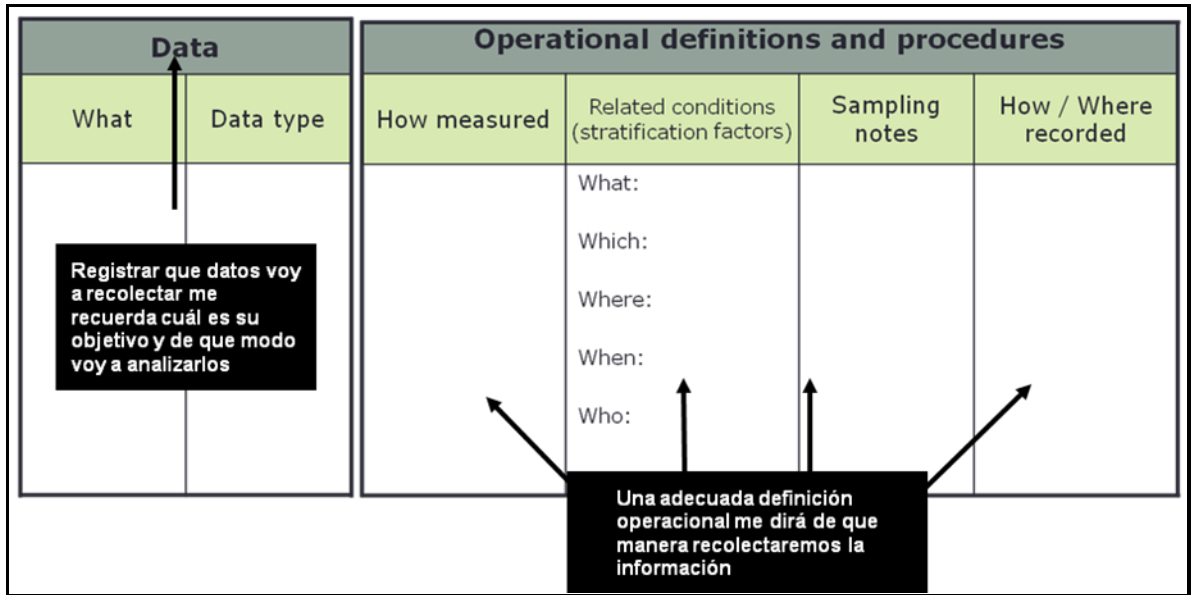


Figura 1.17. Plan de recolección de datos<sup>23</sup>

### 1.1.3.12 ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CP Y CPK)

El Objetivo de análisis de capacidad es comparar la Voz del Proceso (Variación del Proceso) con respecto a la Voz del cliente (Límites de especificación). Debemos asegurarnos que los límites de especificación realmente reflejen los requerimientos del cliente interno o externo. Al desarrollar un análisis de capacidad, estamos asumiendo que una parte o transacción dentro de especificaciones es aceptable para el cliente. (Mentalidad Goal Post). Se puede interpretar en la siguiente Figura 1.18.

*El análisis que tiene el proceso para producir piezas de acuerdo con las especificaciones establecidas en los límites de tolerancia o CP.*

*El Cpk incluye en su evaluación la media valorando las especificaciones buscadas en el análisis.*<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

<sup>24</sup> LEANROOTS (2010). <http://leanroots.com/Cpk.html>

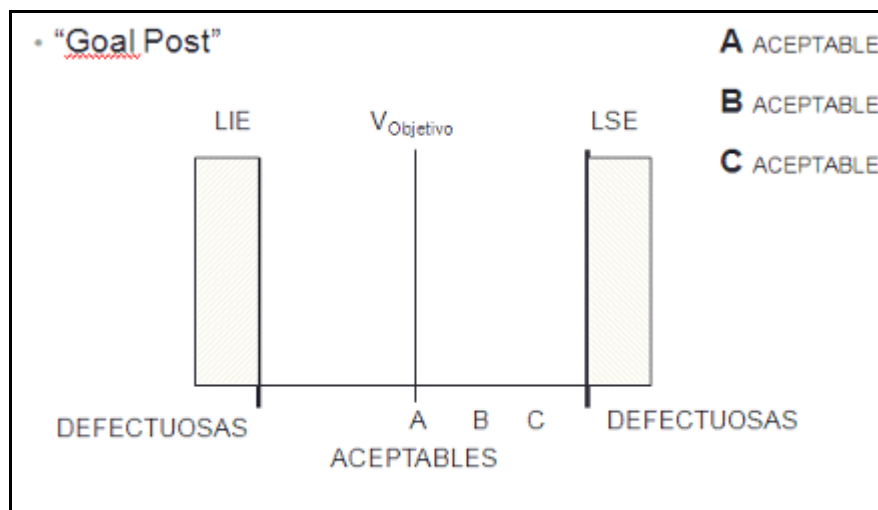


Figura 1.18. Voz del Cliente<sup>25</sup>

La Capacidad del Proceso mide la frecuencia con que los productos o transacciones que se obtienen de un proceso cumplen con las especificaciones, determina si la variabilidad de la característica de calidad que se está evaluando en la Figura 1.19 entre los límites de especificación establecidos.

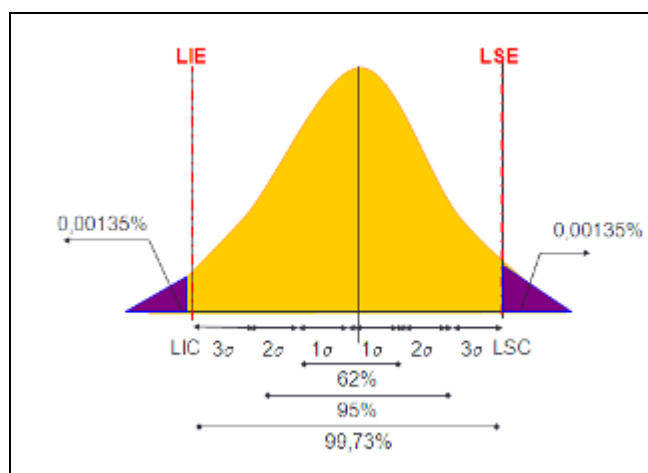


Figura 1.19. Capacidad de Proceso<sup>26</sup>

El análisis de capacidad en datos continuos se asume que los datos siguen una distribución de tipo normal también se asume que el proceso se encuentra sometido únicamente a causas comunes de variación.

La Capacidad Potencial del Proceso  $C_p$ , compara el ancho de las especificaciones

<sup>25</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller "METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA". Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

<sup>26</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller "METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA". Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

con respecto a la amplitud de la variación real del proceso a corto plazo, no considera el centrado del proceso, considera la variación a corto plazo.

$$C_p = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real a corto plazo}}$$

$$C_p = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real a corto plazo}}$$

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma_{CP}}$$

La Capacidad Potencial del Proceso, no necesariamente la ubicación del proceso es la correcta. A continuación se presenta una Tabla 1.1 de valores estandarizados de categoría de clase mundial de acuerdo al análisis de Cp.

Valor indice Cp	Clase o categoría	Decisión si el proceso está centrado
$C_p > 2$	Clase Mundial	Calidad Seis Sigma
$1.33 < C_p < 2$	1	Proceso Adecuado o proceso Capaz
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado
$0.67 < C_p < 1$	3	Análisis muy necesario
$C_p < 0.67$	4	No adecuado

**Tabla 1.1. Análisis de Cp<sup>27</sup>**

Representación de mi distribución siendo mi proceso aceptable mi Cp=1 como se representaría en la siguiente Figura 1.20:

<sup>27</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

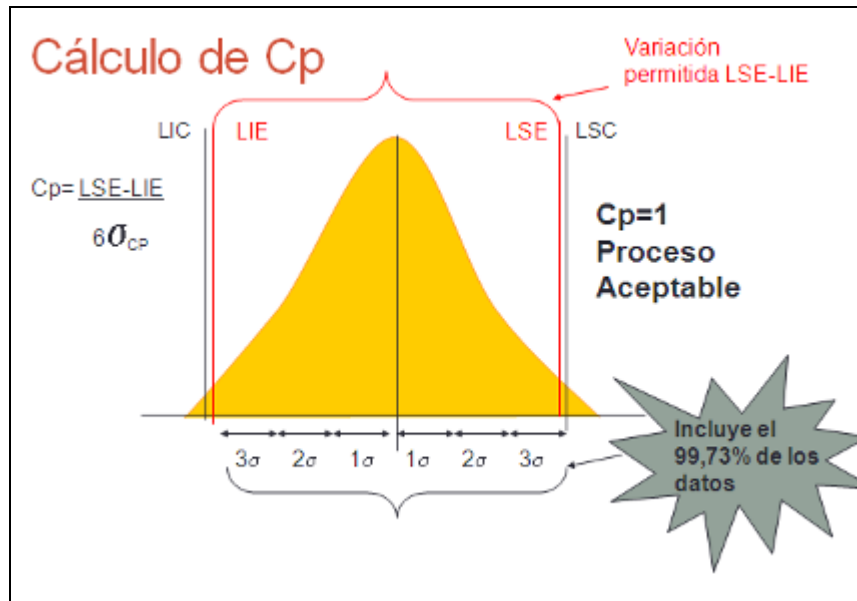


Figura 1.20. Cálculo de  $C_p^{28}$

Representación de mi distribución siendo mi proceso no es capaz mi  $C_p < 1$  como se representaría en la siguiente Figura 1.21:

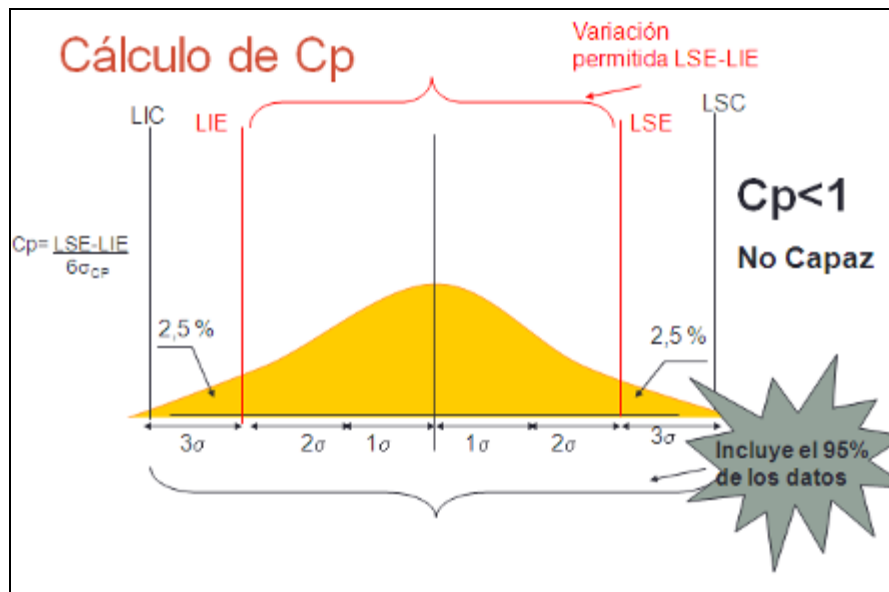


Figura 1.21. Cálculo de  $C_p < 1^{29}$

Representación de mi distribución siendo mi proceso es capaz mi  $C_p = 2$  como se representaría en la siguiente Figura 1.22:

<sup>28</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

<sup>29</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

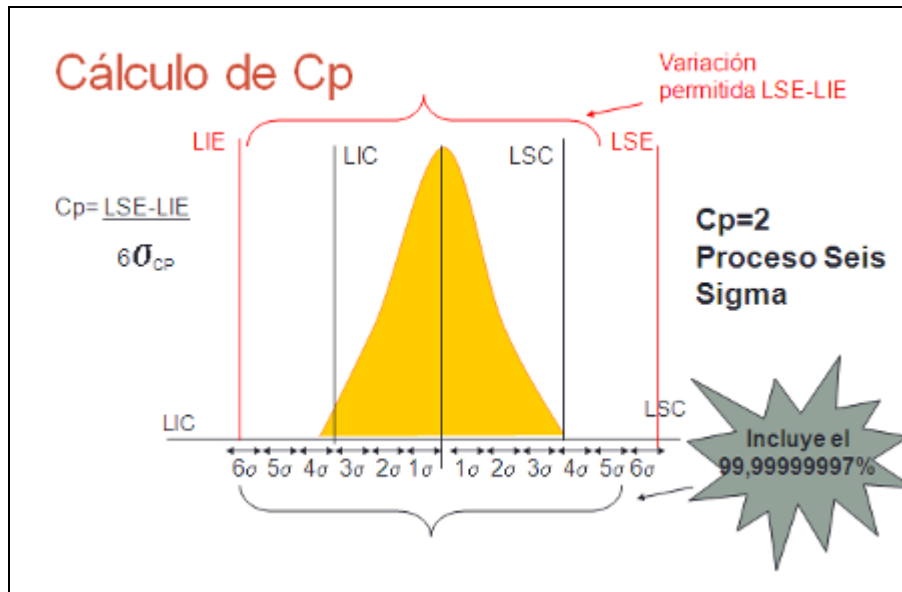


Figura 1.22. Cálculo de Cp= 2<sup>30</sup>

La Capacidad Real del Proceso Cpk, evalúa la capacidad real del proceso considera: las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso, consiste en el valor mínimo entre el índice de capacidad superior Cps y el índice de capacidad inferior Cpi, Figura 1.23.

$$Cpk = \min(Cpi, Cps)$$

**Cpk = min (Cpi, Cps)**

$$Cpk = \min \left\{ \begin{array}{l} Cpi = \frac{\mu - LIE}{3\sigma_{CP}} \\ Cps = \frac{LSE - \mu}{3\sigma_{CP}} \end{array} \right.$$

Figura 1.23. Cálculo de Cpk<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

<sup>31</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

La Variación a largo plazo es un conjunto de datos que representa el comportamiento a “largo plazo” del proceso, si durante su recolección, es posible observar un 80% de los cambios que el proceso sufre de manera normal. Para su cálculo se consideran todas las mediciones recolectadas el cálculo es el siguiente:

La variación a largo plazo, considera todos los datos al momento de su cálculo. No se centra en el promedio de las variaciones en cada sub-grupo

Desempeño Potencial del Proceso Pp.

Se calcula empleando la misma fórmula usada para calcular la Capacidad Potencial del Proceso. En este caso se considera la variación a largo plazo, Figura 1.24.

$$Pp = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real a largo plazo}}$$

$$Pp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_{LP}}$$

$$6\sigma_{LP}$$

**Desempeño real del proceso Ppk**

$$Ppk = \min \left\{ \begin{array}{l} P_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma_{LP}} \\ P_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma_{LP}} \end{array} \right.$$

Figura 1.24. Cálculo de Ppk<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.



### 1.1.3.13 FISHBONE

Diagrama de espina de pescado, cada efecto tiene muchas causas que contribuyen a producirlo, este diagrama facilita el entendimiento y comprensión del proceso, elimina la dificultad del control de calidad, promueven el trabajo en grupo, ya que es necesaria la participación de gente involucrada para su elaboración y uso.

“Conocido también como diagrama Ishikawa, es un método que grafica una espina de pescado, donde el principal problema se rotula como la cabeza, las categorías más importantes de causas potenciales se representan como espinas estructurales y las causas específicas probables aparecen como las espinas menores”<sup>33</sup>. Con este diagrama se busca identificar los posibles factores que causan un efecto general, siendo cada causa una fuente de variación.

Agrupar en categorías principales para identificar las fuentes de variación como se muestra en la Figura 1.25.

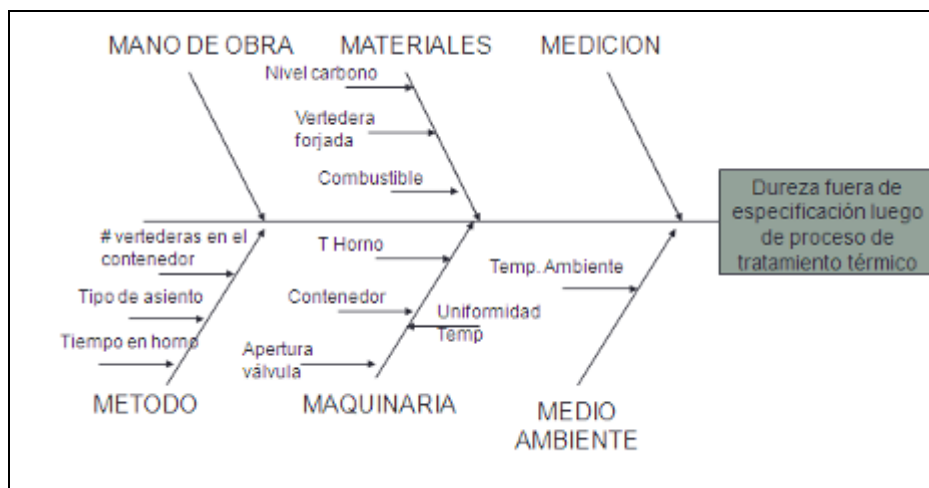


Figura 1.25. Diagrama de Ishikawa<sup>34</sup>

Es posible a través de este diagrama identificar nuevas sub-entradas basados en las entradas provenientes del Diagrama detallado del proceso.

<sup>33</sup> Gutiérrez Pulido & De La Vara, 2005

<sup>34</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

### 1.1.3.14 MATRIZ CAUSA-EFECTO

Es identificar las entradas claves del proceso (KPI) que deben ser analizadas con el fin de mejorar las salidas claves del proceso (KPO).

Blanco = Ninguna correlación

1 = Correlación muy Remota

3= Correlación Moderada

9= Correlación fuerte

En general una matriz adecuada no tiene más del 50% de celdas llenas se puede ver un ejemplo a continuación en la Figura 1.26:

MATRIZ CAUSA EFECTO		VARIABLES SALIDAD Y's		TOTAL
		Dureza fuera de specs. 1 (10)	Tiempo de calibrado final 2 (7)	
VARIABLES ENTRADA X'S	<b>Colocar vertederas</b>			
	Vertedera forjada		3	21
	Contenedor		1	7
	<b>Espera: Temperatura</b>			
	Combustible	3		30
	Apertura de válvula			0
	Temperatura ambiente			0
	<b>Procesamiento en horno 1</b>			
	Temperatura del horno	9		104
	Nivel de carbono vertederas	9		104
	Número de vertederas en el contenedor	1		10
	Tipo de asiento en el contenedor		3	21
	Tiempo de permanencia en el horno	9		90
Uniformidad en la temperatura del horno	3		30	

Figura 1.26. Matriz Causa y Efecto<sup>35</sup>

Proceso crítico identificado en función de las X's críticas.

*“Los KPI'S son “vehículos de comunicación”; Permiten que los ejecutivos de alto nivel comuniquen la misión y visión, a todos los niveles de la empresa, involucrando directamente a todos los colaboradores en la realización de los objetivos*

<sup>35</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

*estratégicos.”*<sup>36</sup>

### **1.1.3.15 AMEF**

AMEF es una herramienta metodológica, en el presente proyecto se utilizó para planificar las acciones necesarias a tomar en cuenta en base al análisis de las causas y efectos considerando cada uno de los riesgos.

Identifica las entradas más significativas (KPI's), es una herramienta para generar acciones de mejora en el futuro, nació el 9 de Noviembre de 1949. Es un procedimiento militar desarrollado por la NASA conocido como MIL-P-1629 en 1988 el QS9000 obliga a los proveedores automotrices a emplear AMEF, en 1993 la AIAG y la ASQ registran las normas AMEF para su implementación en la industria, El AMEF analiza las etapas de un sistema complejo. Como diseño: analiza partes, sub-etapas, partes y componentes en la etapa de diseño. Como proceso: se enfoca directamente al flujo de procesos como por ejemplos se detalla los siguientes:

- Mejora la confiabilidad del proceso
- Identifica los problemas antes de que ocurran.
- Sirve como un registro de mejoras
- Ayuda a evaluar el riesgo de cambios en el proceso
- Identifica las áreas para otros estudios
- Modo Potencial de falla: La manera en la que el proceso puede fallar en cumplir los requerimientos de diseño.
- Efecto potencial de falla: Resultado del modo de falla en el cliente.

*“Es una metodología también conocida como Análisis de Modo y Efecto identifica los modos de falla potenciales en un sistema, secuencia, producto u operación causados por las deficiencias en procesos. En la planificación se considera una herramienta de mitigación de riesgo”.*<sup>37</sup> A continuación se muestra un ejemplo de análisis de modo y efecto de falla, Figura 1.27.

---

<sup>36</sup> <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/viewArticle/775/910>

<sup>37</sup> <http://www.firstconsultinggroup.com.mx/AMEF.asp>

Análisis de Modo y Efecto de Falla AMEF														
Proceso o nombre de Producto				Preparado por				Pag. ____ de ____						
Responsable				FMEA Foda (Dig) _____ (Fiv) _____										
Función de proceso	Modo de Falla potencial	Efecto Potencial de Falla	S E V	Causas Potenciales/ Mecanismos de Falla	O C U	Controles de Proceso Actuales	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Fecha de Completación y Responsabilidad	Resultado de Acciones			
										Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	
Las partes del proceso con sus alta calidad, obtenidas a través de la Máquina Causa y Efecto	¿De qué manera podría el proceso eventualmente fallar en alcanzar los requerimientos del proceso y/o del diseño?	Cual es el efecto de cada modo de falla en los clientes y/o requerimientos del cliente. El efecto podría ser la pérdida de la producción, una división o el servicio final		¿Cómo puede la falla ocurrir? Describa en términos de algo que puede ser corregido o controlado. Se espera detallar la causa que impacta en el modo de falla, es decir las causas raíz	¿Qué tan probable es que ocurra un modo de falla? ¿Qué tan grave es el efecto de la falla?	¿Cuáles son los controles o procedimientos existentes con el fin de prevenir o detectar el modo de falla?			¿Cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia, mejorar la detección o identificar las causas raíces en caso de que no se conozcan?	¿Quién es el responsable de la (s) acciones recomendadas?	¿Listo, las acciones completadas y la fecha de implementación de cada una de ellas?			
										Nuevo valor de severidad				
										Nuevo valor de ocurrencia				
										Nuevo valor de detección				

Figura 1.27. AMEF<sup>38</sup>

Las Causas Potenciales/Mecanismos de falla: Causas concebibles de cada modo de falla.

Ocurrencias (OCU): Es la probabilidad de que una causa ocurra y resulte en un modo de falla. Si no se conoce la causa, la ocurrencia se refiere al modo de falla.

Controles actuales del proceso: Controles o procedimientos que previenen que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla cuando ocurre.

Detección (DET): Es una clasificación de la habilidad del sistema para detectar el modo de falla, antes de que la unidad abandone la operación de manufactura.

Número prioritario de riesgo (NPR): Producto de la severidad, ocurrencia y detección. [11]

### 1.1.4 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN SIX SIGMA

El Six Sigma es una metodología que permite la identificación de la eliminación de los problemas y desperdicios por lo cual es útil en las empresas de manufactura y procesos.

<sup>38</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

La implementación de la metodología Six sigma tiene muchos beneficios a nivel empresarial, siendo una de las herramientas más utilizadas de planificación y optimización de recursos tenemos:

- Reducción de costos.
- Mejora de la productividad.
- Satisfacción de los clientes por lo tanto aumento en la cartera de clientes.
- Reducción del tiempo de ciclo.
- Reducción de defectos.
- Desarrollo de productos y servicios.
- Mejorar la visión de la administración de las actividades, calidad y costos
- Mejorar el entendimiento y la apreciación de la capacidad de servicio, así como los requerimientos actuales y propuesto.[12]

#### **1.1.5 LOS 7 DESPERDICIOS EN EL SISTEMA SIX SIGMA**

Los siete desperdicios que se deben analizar para poner en práctica la metodología del Six Sigma con el fin de reducir costos deben ser:

- Transporte: Las entradas y salidas o los movimientos intermedios que implica un proceso. El desperdicio en el transporte de la energía se pueden producir por el diseño y la distribución de las instalaciones, diferencia entre las distintas tecnologías, falta de reguladores etc.,
- Inventario: Una mala sincronización en el inventario y en los requerimientos puede ocasionar paralizaciones innecesarias en maquinarias lo que puede repercutir a más uso de energía en el arranque.
- Movimiento: La ineficiencia de algunos operarios puede repercutir en todo el sistema y por ende en sus costos por la baja productividad.
- Esperas: Se causan por interrupciones en el proceso lo que a su vez implica mayor gasto en energía debido a que se debe hacer un nuevo arranque, con el Six sigma se busca cuáles son estos cuellos de botella y como se deben mejorar y optimizar en el proceso.

- **Sobreproducción:** Uno de los gastos más fuertes en el consumo de energía es en el congelamiento tanto en el proceso de elaboración como después para su conservación, por ende un exceso de productos implica mayor requerimiento de energía eléctrica para su conservación, para reducir esto las distribuidoras de Cervecería Nacional hacen sus pedidos previamente con el fin de calcular el valor óptimo de producción diaria.
- **Sobre-procesamiento:** En cuanto al uso de energía en el desarrollo de cada producto, el uso innecesario de maquinarias y el salto de procesos pueden incurrir en un uso excesivo.
- **Defectos:** Se tratan de productos defectuosos con mala calidad, de errores de operarios en la colocación de los diferentes instrumentos o en los tiempos de cada máquina, los defectos tienen doble precio que el de fabricación y el de reposición.

### **1.1.6 PROCESO DE LAS 5S**

El objetivo de las 5s es crear un ambiente de trabajo agradable y energizante, mediante la aplicación de prácticas de limpieza y orden como parte integrante de las labores diarias. Involucrar a los empleados, fomentar la cultura organizacional de aseo y orden en los lugares de trabajo como una condición fundamental para ejecutar nuestro trabajo con calidad también fomenta la disciplina en la puntualidad y ambiente de trabajo. En Cervecería Nacional tienen como las 5s denominado ADO (aseo, disciplina y orden) como una filosofía de trabajo y una filosofía de vida

Para realizar la metodología de Six Sigma se debe realizar el control de desperdicios ya sea en material, tiempo o recursos por lo cual se debe seguir el siguiente proceso:

Se usa como una metodología para el proceso de control de desperdicios y se basa en:

- **Sifting o El Tamizado:** Consiste en examinar todo el lugar de trabajo o donde se desarrolla el proceso, analizar cada uno de los detalles del área y eliminar

todo aquello que no sea necesario para el desarrollo del proceso. En esta fase se recapitula toda la información.

- **Sleeping and Washing** o Barrido y Lavado: Corresponde a la limpieza y al despeje del área de trabajo, con el fin de permitir un fácil acceso. Esto involucra a la limpieza, la claridad, al orden, a que el lugar de trabajo sea agradable y el ambiente sea propicio para detectar cuáles son las máquinas que requieren cambio en el proceso.
- **Sorting** o La Clasificación: El personal que participa en el proceso debe organizar y clasificar sus herramientas de trabajo y ubicarlas en lugares de fácil acceso, la información obtenida se clasifica estadísticamente para ver el proceso. Tener una vista agradable del área de trabajo es importante para impartir importancia, organización y limpieza. En este aspecto se debe incluir lo concerniente a las líneas de proceso, adecuada distribución de planta o los aspectos de índole ergonómico de los equipos, herramientas y demás enseres.
- **Standardizing** o Estandarización: Se analiza los procesos operativos, minimizando de los desperdicios y su interacción con la cadena productiva de la empresa. Al reconocer al método más adecuado y óptimo, se estandariza para la compañía, creando un manual de procesos adecuado a las condiciones de la empresa, el cual, de acuerdo a los cambios y desarrollo de la compañía, se van modificando y mejorando cada vez. Se debe tener en cuenta que la empresa y sus funcionarios no se sientan sujetos a un proceso estandarizado y hacer conciencia que todo proceso es susceptible de mejorar por lo cual los supervisores y operarios deben trabajar evaluando las nuevas ideas y recomendaciones con el fin de que se genere una inercia positiva al cambio.
- **Self-Discipline** o Autodisciplina: Se debe involucrar a todo el personal de la compañía con el fin de que la inercia que crea un proceso abierto al cambio, genere una cultura de cambio y de mejoramiento continuo en los procesos productivos. [13]

### 1.1.7 NIVELES DE DESEMPEÑO

El foco de desempeño se centra en los defectos, o mejor dicho en la reducción de los defectos que afectan la satisfacción de los clientes. El nivel Sigma de la metodología acepta sólo 3,4 defectos por un millón de oportunidades (DPMO), como se muestra en la Tabla 1.2

Nivel de sigma	Partes por millón	Costo de calidad	
6 sigma	3.4 defectos por millón	< 10% de ventas	(Clase mundial) (industria promedio) (No competitivo)
5 sigma	233 defectos por millón	10-15% de ventas	
4 sigma	6210 defectos por millón	15-20% de ventas	
3 sigma	66807 defectos por millón	20-30% de ventas	
2 sigma	308537 defectos por millón	30-40% de ventas	
1 sigma	690000 defectos por millón		

Tabla 1.2. Niveles de Sigma y desperdicios<sup>39</sup>

### 1.1.8 MANUFACTURA ESBELTA

Es un conjunto de principios, conceptos y técnicas que permiten crear un eficiente sistema, el cual reduce el tiempo de los flujos de cada proceso de la elaboración del producto, se enfoca en crear actividades que integren a todo el personal en busca de la mejor solución para lograr una mejora continua y aumentar la productividad se lo representa en la Figura 1.28.

<sup>39</sup> [http://www.eoi.es/wiki/images/e/eb/25\\_Nivel\\_sigma.jpg](http://www.eoi.es/wiki/images/e/eb/25_Nivel_sigma.jpg)





Figura 1.28. Relación del Six sigma y Lean Manufacturing.<sup>40</sup>

## 1.2 KAIZEN MEJORAMIENTO CONTINUO

Al trabajar con recurso humano y ser necesaria la colaboración tanto de un equipo permanente para realizar la metodología DMAIC, así como de la colaboración de los colaboradores de la empresa para el registro y control de datos es necesario organizar un equipo de mejora continua.

El Kaizen es un sistema enfocado a la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva.

Surgió en el Japón en la segunda mitad del siglo XX por una necesidad de las empresas para servir a una gran comunidad logrando un desarrollo consiguiendo cambiar en su modelo de gestión de forma tan radical que cambio la percepción del mundo, Masaaki Imai al analizar esto mostró su enfoque en el que ubicaba más que todo un conjunto general y estructurado de gestión, una filosofía de acción muy natural en el entendido que la atención se centraba en actuar de manera rápida enfocado a corregir y mejorar cada área que identificaba como oportunidad para

<sup>40</sup> COTECNA (2007), "Introducción al Six Sigma"

establecer mejoras, por pequeñas que éstas fueran o por lo poco relevante que pudiera parecer. De ahí surge en 1986 el término Kaizen que en su traducción sería mejora continua y en la actual es tomado como un perfil de apoyo empresarial y una poderosa herramienta de gestión. [16]

### **1.2.1 SISTEMAS FUNDAMENTALES**

Para hacer posible la mejora continua y lograr los más altos niveles en una serie de factores se requiere decisión, constancia y disciplina y poner en marcha los siguientes sistemas. [17]

### **1.2.2 DESPLIEGUE DE POLÍTICAS**

Se refiere a la introducción de acciones Kaizen en toda la compañía en todos los niveles creando un plan de acción que permita en este caso lograr el objetivo de optimizar el consumo de energía eléctrica en la planta de Cervecería Nacional de Quito, tomando en cuenta que este ahorro repercute a los costos de la empresa por ende maximiza sus utilidades.

#### **1.2.2.1 CONTROL DE CALIDAD TOTAL / GERENCIA DE CALIDAD TOTAL**

En la actualidad se lo conoce como TQM y abarca todos los aspectos de la gerencia siendo una manera de mejorar constantemente el performance en todos los niveles operativos, en cada una de las áreas funcionales de la empresa optimizando los recursos, al ser parte de la estrategia Kaizen este sistema requiere de herramientas y metodologías que son:

- Orientación hacia el proceso para mejorar el resultado
- Iniciar su puesta en práctica a nivel gerencial para generar una reacción en cascada hasta los mandos bajos.
- Liderazgo y compromiso sostenido en busca de encontrar las mejores estrategias para obtener la satisfacción de los clientes aplicando la base de sugerencias y mejorando constantemente.
- Una buena comunicación vertical y horizontal facilitando el flujo de la información entre los líderes y sus subordinados.
- Mejoramiento continuo de todos los procesos y productos, internos y externos utilizando un método corregido y ordenado buscando la prevención de fallas en el proceso.
- Constancia de los objetivos y una visión compartida con todos, los Stakeholders de la empresa.
- El cliente interno y externo son la razón de ser la empresa y por ende se le debe de dar su importancia en cada proceso de la empresa.
- Considerar que la inversión más importante es la de personal, ya que es el recurso humano el que ayuda a llevar a cabo la razón de ser de la empresa.
- La inclusión de la calidad se inicia y concluye con la capacitación, la cual debe ser constante, permanente y busca incrementar el conocimiento y la motivación así como las herramientas tanto verbales, textuales y estadísticas de la calidad.
- El trabajo en equipo es primordial todos opinan, se capacitan y ejercen como uno solo en fin de un objetivo común.
- En esta filosofía la calidad se prioriza ante las utilidades e incluye seguridad en la calidad, reducción de costos, eficiencia, cumplimiento.

### **1.2.2.2 UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO O JIT**

Se origina en la empresa Toyota y se orienta a la eliminación de las actividades que no agregan valor a la empresa buscando agilidad y flexibilidad

- Almacenes elevados;
- Plazos excesivos;
- Retrasos;
- Falta de agilidad, de rapidez de reacción;
- Emplazamiento inadecuado de los equipos, recorridos demasiados largos;
- Tiempo excesivo en los cambios de herramientas;
- Proveedores no fiables (plazos, calidad);
- Problemas de calidad;
- Montones de desechos, desorden; errores, faltas de piezas; averías;
- Despilfarros (hombres, tiempo, materiales, equipos, locales).

Estas falencias son el producto de:

- a) La distribución inadecuada de las máquinas y los recorridos demasiados largos.
- b) La duración de los cambios de herramienta.
- c) Las averías.
- d) Los problemas de calidad.
- e) Las dificultades con los suministradores.

Por lo tanto la práctica del Just in Time implica la supresión de tales anomalías como muestra en la Tabla 1.3 a continuación.

<b>PROBLEMA (rocas)</b>	<b>SOLUCION JIT</b>
Máquina poco fiable	Mejorar la fiabilidad
Zona con cuellos de botella	Aumentar la capacidad
Tamaños de lote grandes	Reducir el tiempo de preparación
Plazos de fabricación largos	Reducir colas, etc., mediante un sistema de arrastre
Calidad deficiente	Mejorar los procesos y / o proveedor

**Tabla 1.3. Soluciones Just in Time<sup>41</sup>**

### **1.2.2.3 UN SISTEMA DE SUGERENCIAS**

Es una parte importante de aplicación integral del Kaizen ya que involucra e inspira a cada uno de los Stakeholders de la compañía siendo los temas principales:

- Mejoramiento en el trabajo propio
- Ahorro de energía, material y recursos
- Mejoramientos en el entorno de trabajo
- Mejoramiento en las máquinas y en los procesos
- Mejoramiento en los controles
- Mejoramiento en artefactos y herramientas
- Mejoramiento de la calidad entre otros.

<sup>41</sup> <http://www.monografias.com/trabajos26/Six-sigma/Six-sigma.shtml>

#### **1.2.2.4 ACTIVIDADES DE GRUPOS PEQUEÑOS**

Mediante esta metodología se consolida un equipo Kaizen que se convierte en círculo de calidad con el único propósito de alcanzar el objetivo trabajando en equipo e integrando las capacidades de cada uno.

#### **1.2.2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (MPT)**

El Mantenimiento Productivo Total en Cervecería Nacional está relacionado con el Mantenimiento Autónomo que es la mejor práctica para que los operadores de producción tomen responsabilidad por el cuidado y por el mantenimiento básico de su maquinaria, operándola correctamente, manteniéndola limpia, haciéndole lubricación básica e inspeccionándola constantemente. Si la inspección revela un problema, el operador ejecutará reparaciones menores y referirá los problemas mayores al personal de mantenimiento.

Está dirigido a la maximización de la efectividad de los equipos y los sistemas durante toda la vida del mismo, por ende se involucra a los empleados de cada área y en todo nivel de mando incentivándolos a dar sugerencias y motivándolos a realizar pequeñas acciones en pro de la empresa.

El TPM surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante este sistema fue copiado por los Estados Unidos debido a su alcance. El resultado final de la incorporación del TPM deberá buscar la eficacia de la productividad de los equipos e instalaciones y una reducción de las inversiones, además un aumento de la flexibilidad del sistema. [16]

### 1.2.3 INTEGRANTES DEL EQUIPO KAIZEN

Es importante para la aplicación de la metodología contar con un equipo Kaizen es decir orientado y comprometido a los logros de los objetivos esperados, los cuales deben trabajar en conjunto y coordinar con todo el personal necesario para obtener los datos, cuestionarlos, gestionar los recursos y verificar la logística de todo el proceso, las funciones se presentan en la Tabla 1.4, que de cada uno son las siguientes:

<b>INTEGRANTE</b>	<b>APOYA</b>	<b>REALIZA</b>	<b>VERIFICA</b>	<b>PARTICIPA</b>
Participante	Con evidencias para el análisis	Análisis previo	Convergencia	Acciones
Líder	Facilita inicio, proceso y seguimiento	Cuestiona	Acuerdos y acciones definidas	Apoyando en la Ejecución
Patrocinador	Retroalimenta información del antes y después	Agota detalles que soporten las acciones	Resultados financieros y del semáforo Kaizen	Proveer los recursos antes, durante y en el mediano plazo
Coordinador	Atiende detalles de logística	Deslinda alcances con otras áreas de atención	Sustenta con datos y hechos validando constantemente	Atiende detalles de implementación así como las formas

**Tabla 1.4. Descripción de las funciones de cada uno de los integrantes del equipo Kaizen<sup>42</sup>**

### 1.2.4 SECUENCIA DEL KAIZEN

El Kaizen en concordancia con el sistema DMAIC se aplica en orden a un proceso como se muestra en la Tabla 1.5 y este es el punto de partida para su implementación en el presente proyecto:

---

<sup>42</sup> Masaaki Imai (1996, p. 123)

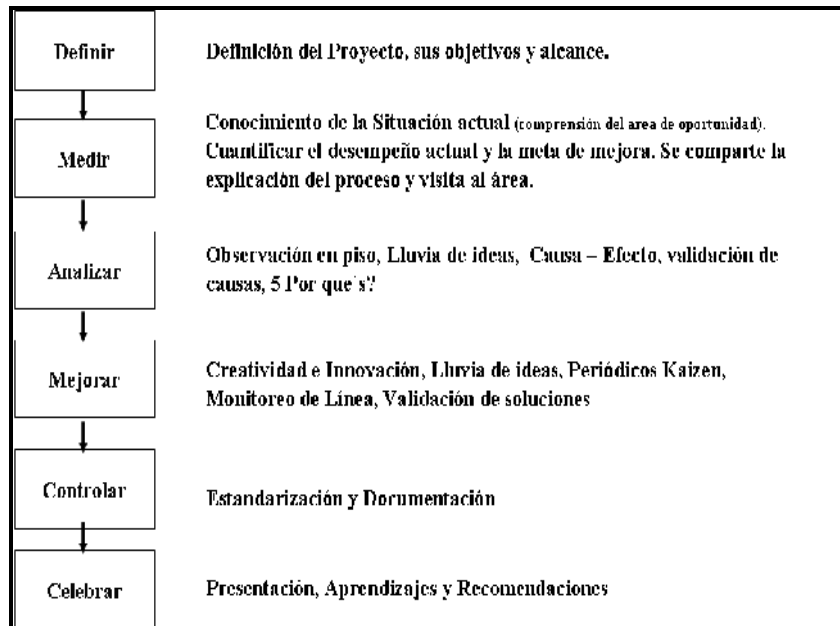


Tabla 1.5. Metodología de aplicación en secuencia del Kaizen. <sup>43</sup>

### 1.3 DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA

Una estrategia consiste en la planificación de las actividades o acciones a tomar para lograr un propósito, en este caso el fin del proyecto es el ahorro de la energía eléctrica por lo cual se deben analizar primero las acciones existentes en la industria con el fin de analizar si son posibles adoptarlas en el proyecto o no.

*“En casi todas las instalaciones de una Empresa puede descubrirse un número sorprendentemente grande de oportunidades para ahorrar energía, que varían desde las obvias, como el uso de apagadores, hasta sistemas que implican avanzadas tecnologías de conversión energética. La identificación de maneras de ahorrar energía requiere imaginación e ingenio, así como de un sólido conocimiento de los principios técnicos”.*<sup>44</sup>

Esta labor consiste en encontrar modos de eliminar tareas innecesarias que consumen energía y de minimizar el trabajo requerido para realizar las tareas necesarias. Algunas estrategias que se pueden aplicar para eliminar tareas innecesarias son mejores controles, eliminación de pérdidas del Sistema y diversas modificaciones al

<sup>43</sup> Kenneth W. Dailey (2005, p. 63)

<sup>44</sup>(CARL BLUMSTEIN,1999:59)



sistema.

*Las estrategias dirigidas a minimizar el trabajo requerido para tareas necesarias incluyen recuperación de calor, mayor eficiencia en la conversión de energía y diversas modificaciones al sistema. Las estrategias de recuperación de calor varían desde complejos sistemas para generar energía eléctrica o térmica, hasta simples termo cambiadores que se pueden usar para calentar agua con el calor de desecho del equipo.*

*Algunos ejemplos de incremento de eficiencia de conversión son motores más eficientes para convertir energía eléctrica en trabajo mecánico y, fuentes luminosas más eficientes para convertir energía eléctrica en luz. Algunas modificaciones al sistema que pueden reducir el trabajo requerido para realizar tareas como la utilización adecuada de conductores.*

*Durante el proceso de identificación de oportunidades para Proyectos de ahorro de energía, el paso inicial es concentrarse primero en las medidas de conservación no costosas. Se debe estimar el potencial de ahorro de estas medidas antes de evaluar otras de mayor costo. Luego se podrán hacer estimaciones del potencial de ahorro de las medidas más costosas, a partir del menor nivel de consumo energético que resultaría al implementar las medidas de bajo costo.*

*Aunque esto parece obvio, ha habido numerosas ocasiones en las que se han aplicado medidas costosas, pero se han omitido alternativas más sencillas y baratas<sup>45</sup>.*

### **1.3.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS**

La Fórmula DMAIC refiere un proyecto bien elegido y bien definido Figura 1.29, más un equipo bien formado más un Sponsor comprometido es igual a buenos resultados de forma rápida. La Selección de proyectos DMAIC se debe tener en cuenta:

---

45(CARL BLUMSTEIN,1999:63)

- Es la tarea más crítica de un proceso DMAIC
- No Proyectos del tamaño del “hambre del mundo”
- No Deje de explicar la razón por la que un proyecto fue elegido.
- Empiece por lo sencillo
- No empieza demasiados proyectos

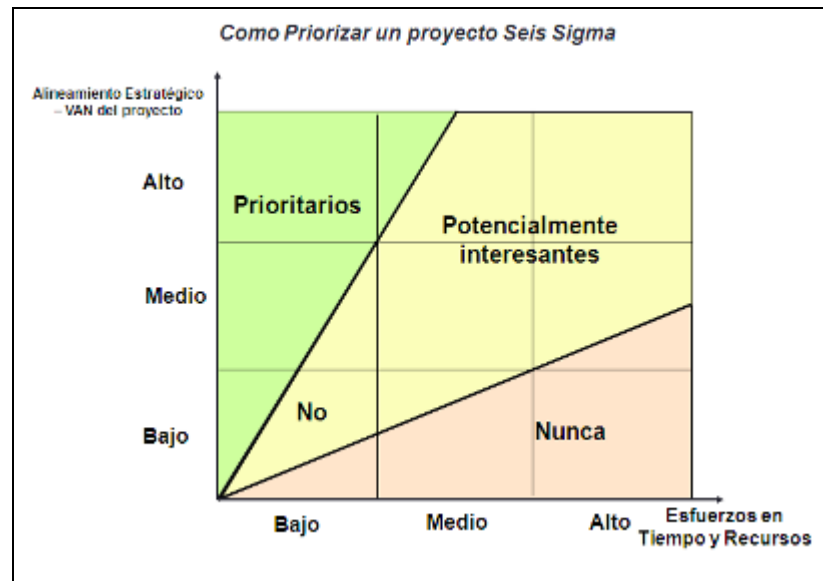


Figura 1.29. Como Priorizar un Proyecto Six Sigma. <sup>46</sup>

Un Cuestionario Proyecto DMAIC que se debe seguir es:

1. El proceso completa un ciclo frecuentemente.
2. Se puede identificar cual es el defecto de este proceso.
3. El proceso está bajo mi conocimiento o autoridad
4. Conozco cuál es el dueño del proceso.
5. El promotor de este proceso tiene la autoridad para comprometer tiempo y recursos.
6. El proceso no podrá cambiarse por otra iniciativa en un futuro cercano

<sup>46</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller “METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA”. Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

7. El proyecto está relacionado con un proceso clave para el negocio.
8. Es posible obtener información del cliente sobre este asunto (interno o externo)
9. La gerencia puede asignar alta prioridad a este proyecto.
10. Puede identificarse fácilmente los puntos de inicio y terminación de este proceso.
11. Reunir datos de este proceso es relativamente fácil

La Aplicación de Criterios Operativos se puede referir a la siguiente plantilla para la selección de Proyectos Six Sigma Tabla 1.6.

<b>Hoja de Trabajo del Proyecto: Selección</b>						
<b>Objetivo:</b> Identificar un problema definible, específico que usted tenga interés de mejorar.						
<b>Instrucciones:</b> Escriba una declaración del problema para su proyecto sigma, después evalúe la declaración usando los criterios siguientes. Usted puede usar el formato reingreso aquí o la copia en la sección de hojas de trabajo						
<b>Tiempo:</b> 10 minutos.						
<b>Declaración del Problema:</b> _____						
<b>Criterios</b>	<b>Escalafón</b>					
El proceso está relacionado con un asunto clave del negocio	1 Mucho	2	3	4 No	5	No sabe
Tenemos o podemos obtener información del cliente sobre este asunto	1 Fácil	2	3	4 Difícil	5	No sabe
La gerencia asigna o puede asignar alta prioridad a este proyecto	1 Seguro	2	3	4 Improbable	5	No sabe
Puedo identificar fácilmente los puntos de inicio y terminación de este proceso	1 Fácil	2	3	4 Difícil	5	No sabe
Reunir datos de este proceso es relativamente fácil	1 Fácil	2	3	4 Difícil	5	No sabe
El proceso completa un ciclo al menos cada día o similar (O más frecuentemente)	Sí		No			No sabe
Puedo identificar qué es un "defecto" en este proceso	Sí		No			No sabe
El problema que necesito investigar o mejorar se define como un objetivo o una necesidad, no como una solución	Sí		No			No sabe
El proceso está bajo el alcance de mi conocimiento/autoridad	Sí		No			No sabe
Conozco quién es el dueño del proceso	Sí		No			No sabe
El promotor de este proyecto tiene la habilidad para comprometer tiempo y recursos	Sí		No			No sabe
El proceso no podrá cambiarse por otra iniciativa, en cualquier momento en un futuro cercano	Sí		No			No sabe

Tabla 1.6. Selección de Proyectos<sup>47</sup>

Un proyecto para ser exitoso debe cumplir acertadamente con todos los requisitos.

<sup>47</sup> Marco Buestán, Presentación Seminario Taller "METODOLOGIA DMAIC SIX SIGMA". Cervecería Nacional CEFOR. Ecuador, 2012.

## CAPÍTULO II: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO

### 2.1 TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DE LA ELECTRICIDAD A NIVEL INDUSTRIAL.

Para establecer un cambio tecnológico y evaluar una tendencia se puede diferenciar en nuestra Figura 2.1, para una data donde cambia mis datos en una cantidad mínima de tiempo mi gráfica de corrida se puede establecer un cambio tecnológico que se ve reflejado, mientras en la tendencia representa una mejora continua que el cambio de nuestra data se toma más tiempo en ir incrementado o disminuyendo de acuerdo con nuestro proceso, por ende se establece algunas tecnologías a continuación para obtener un método más significativo para el ahorro de energía eléctrica.

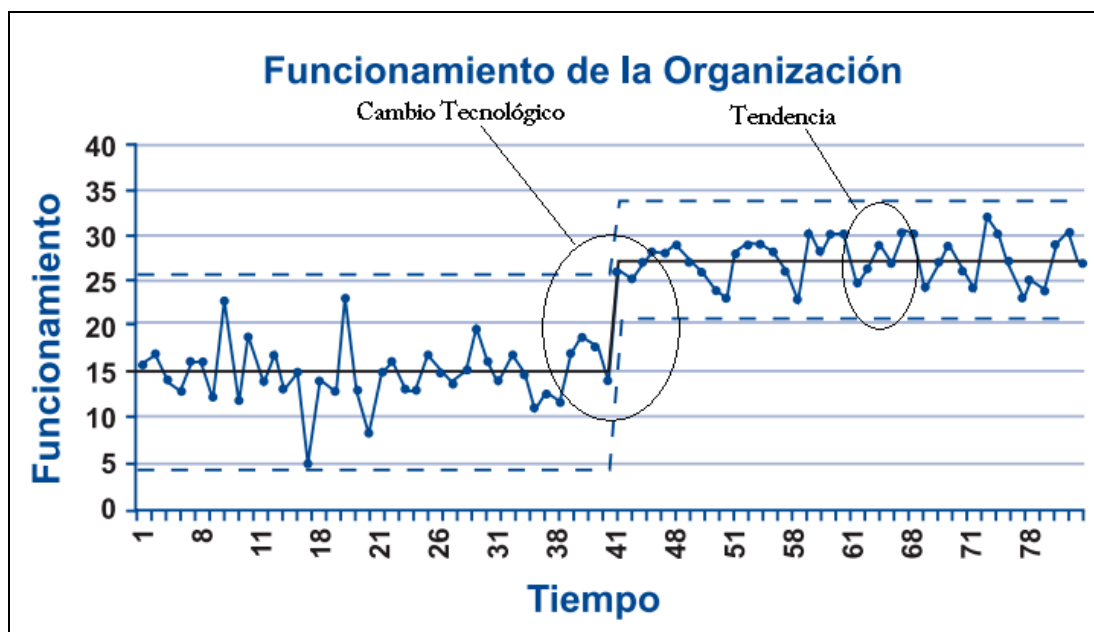


Figura 2.1. Cambio tecnológico y tendencia<sup>48</sup>

La eficiencia energética se define como el acto de obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte

<sup>48</sup> <http://www.human.es/es/actualidad/noticias-corporativas/articulo-como-superar-las-dificultades-para-aplicar-seis-sigma>

y utilización, garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red de distribución. [25]

Existen varias tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y para ello se debe estudiar primero los sistemas energéticos que son:

- Sistemas Energéticos
- Motores Eléctricos más Eficientes
- Iluminación LED (LIGHT EMISION DIODE)
- Paneles Fotovoltaicos

### **2.1.1 SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Estos sistemas nos ayudan a identificar cuáles son los equipos o procesos con altos consumos de energía. Se los puede clasificar:

Los Procesos de producción a nivel de una cervecería comprenden con amplia cantidad de equipos en las etapas de recepción de materia prima, elaboración, fermentación, maduración, filtración, y el proceso de envase.

Sistemas de asistencia externa es servicios motrices en una cervecería son compresores de amoníaco, compresores de aire, compresores de CO<sub>2</sub>, calderos, ventiladores, etc.

Otras áreas como oficinas, talleres, iluminación.

### **2.1.2 MOTORES ELÉCTRICOS MÁS EFICIENTES**

Los motores eléctricos de la industria moderna pueden contribuir mucho a los esfuerzos por reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se estima que los motores usan el 65% de la electricidad consumida por la industria y que generar electricidad para impulsar estos motores produce alrededor de 37 millones de

toneladas anuales de CO2. Dada la magnitud de estas cifras, incluso un pequeño aumento de eficiencia de cada motor tiene un impacto positivo a nivel mundial. [24]

### 2.1.2.1 EFICIENCIA DE LOS MOTORES

Un motor con alta eficiencia es aquel que ha sido diseñado y fabricado con alta calidad en cada una de sus etapas. La eficiencia de un motor mide la conversión de la energía eléctrica en trabajo útil por ende la energía que se pierde se convierte en calor, para aumentar la eficiencia se deben perder estas pérdidas, las pérdidas de los motores se pueden clasificar en 5 categorías como se muestra en la siguiente Tabla 2.1.

Pérdidas no debidas a la carga	Pérdidas en el hierro del núcleo	18%
	Pérdidas de resistencia aerodinámica y fricción	10%
Pérdidas debidas a la carga	Pérdidas en el cobre del estátor	34%
	Pérdidas en el rotor	24%
	Pérdidas de carga por dispersión	14%

**Tabla 2.1. Distribución de pérdidas comunes en los motores<sup>49</sup>**

Como se pueden ver en la Tabla anterior existen pérdidas no relacionadas con la carga eléctrica que reciben ya que esta es independiente de la misma y si relacionadas las que van en relación directa con la carga eléctrica que reciben. En todas estas pérdidas influye la calidad de los procesos en el diseño y construcción.

<sup>49</sup> Revista ABB 2/2007

En las pérdidas independientes a la carga las causas y la solución Tabla 2.2, son las siguientes:

<b>PÉRDIDA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
En el hierro del núcleo	La energía requerida para vencer la oposición del material del núcleo a la variación de los campos magnéticos.	Usar acero de mejor calidad y aumentar la longitud del núcleo, lo que reduce la densidad de flujo magnético
Por resistencia aerodinámica y por fricción	Por la resistencia del aire y por el rozamiento de los cojinetes.	En los motores de alta calidad, estas pérdidas se reducen seleccionando mejor los cojinetes y juntas y mejorando el diseño del flujo de aire y del ventilador. Éste ha de ser suficientemente grande para proporcionar una adecuada refrigeración, pero no demasiado grande, ya que se reduciría la eficiencia y aumentaría el ruido.
En el cobre del estator (conocidas como pérdidas I <sup>2</sup> R)	Por el calentamiento provocado por la circulación de corriente a través de la resistencia del devanado del estator.	La optimización del diseño de las ranuras del estator; deben ser de acero de baja pérdida, lo más uniformes y delgadas posibles, para maximizar la intensidad de los campos magnéticos. Deben estar alineadas cuidadosamente para garantizar que los canales sean rectos.
En el rotor	por las corrientes en el mismo y por las pérdidas en el hierro	Aumentando el tamaño de las barras conductoras y los anillos terminales para reducir la resistencia.
De carga por dispersión	Fugas inducidas por las corrientes de carga	Mejorando la forma geométrica de las ranuras.

**Tabla 2.2. Causas y soluciones de las pérdidas en los motores<sup>50</sup>**

### **2.1.2.2 COMPONENTES CLAVES PARA LA CALIDAD DE LOS MOTORES**

Un equilibrio entre los componentes principales convierten a un motor eficiente en la calidad de:

- El diseño de los cojinetes, ranuras y ventilador.
- El aumento de la temperatura, la vibración y el ruido.

Con esto no solo se centra en la eficiencia y el manejo de costos y peso adecuado sino también en toda la vida útil del motor.

<sup>50</sup> Autor

Un ejemplo de motor de alta eficiencia son los PM-motor que son de imanes permanentes con una clase de eficiencia IE4 (Eficiencia Super Premium) que reúne la conciencia ambiental y mayor ahorro de energía posible también tienen ya una clase de eficiencia, que es superior a los motores asíncronos más eficientes comparado con un motor de jaula de ardilla generalmente son utilizados en los transportadores de una línea de envase, Figura 2.2.

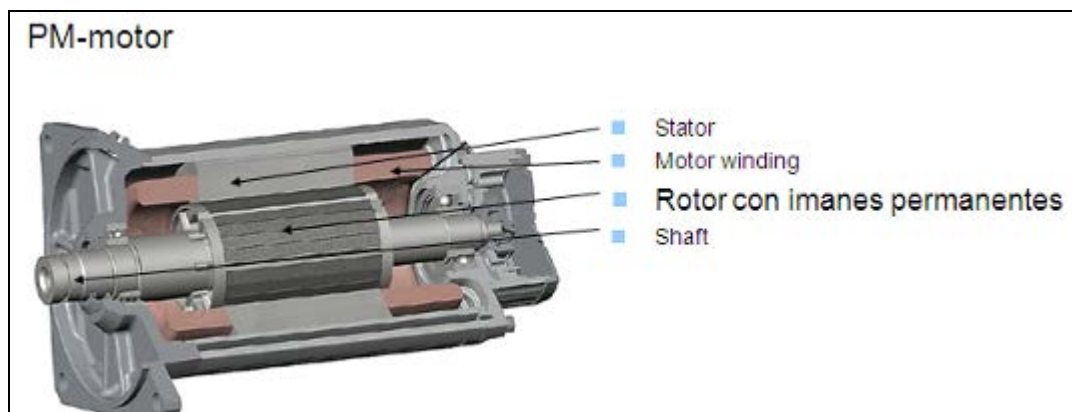


Figura 2.2. PM-motor<sup>51</sup>

En los PM-motor alrededor del rotor es un campo magnético permanente este campo magnético giratorio del estator impondrá un par electromagnético en el campo todavía magnético del rotor esto hace que se mueva y la rotación del rotor se produce, como una ventaja no se desliza. A continuación se representa las clases de eficiencias de los motores, Figura 2.3.

---

<sup>51</sup> Krones Conveyor Technology





Figura 2.3. Eficiencia %<sup>52</sup>

La mayor ventaja de los motores de alta eficiencia PM-motor con un máximo de 90% y por lo tanto el consumo de energía es bajo. El accionamiento con un motor asíncrono tiene una eficiencia de sólo 70 a 80%. “Los fabricantes especifican un ahorro energético de alrededor de 1.000 Kwh por unidad al año (basado en 6.000 horas de funcionamiento al año). Proyectado para un llenado completo y línea de envasado con aproximadamente 40 a 60 transportadores conduce un significativo ahorro de energía puede ser alcanzado mediante el uso de PM-unidades.”<sup>53</sup>

En la siguiente Figura 2.4 se puede observar el PM-motor en un transportador de envase:



Figura 2.4. PM-motor<sup>54</sup>

<sup>52</sup> Krones Conveyor Technology

<sup>53</sup> KRONES Container Conveyor SynCo

<sup>54</sup> Autor

### **2.1.2.3 FIABILIDAD DE LOS MOTORES**

Este factor es de suma importancia sobre todo en la industria de manufactura debido a la cantidad de maquinarias que operan con motores los cuales en caso de una avería podrían repercutir en todo el sistema de producción e implicar altos costos por pérdidas. Al ser un sistema continuo se deben evitar a toda costa los imprevistos. Como se pudo ver en los cuadros anteriores los materiales que han sido utilizados para la fabricación de los motores son la base de su fiabilidad, teniendo en cuenta que los daños más comunes se pueden dar en los cojinetes y devanados, se debe verificar la temperatura del motor para ver si es fiable normalmente un motor en plena carga puede tener una variación de temperatura de 60-80°, en caso de llegar a 100° la calidad del motor es inferior y por ende su fiabilidad en este caso se debe de verificar si posee un buen aislante para este soporte.

### **2.1.3 ILUMINACIÓN LED (LIGHT EMISION DIODE)**

La iluminación LED, hoy en día se ha ido incrementado por su capacidad de ahorro de energía lo cual comparado con un sistema mediante tubos fluorescentes, y tubos LED lo cual se marca la diferencia en el consumo de energía además la vida útil de un fluorescente se afecta por el número de encendidos y apagados mientras que el LED no se afecta, la vida útil de un fluorescente es de 5000 horas en promedio mientras que el LED tiene 50000 horas, una de los inconvenientes es el costo de inversión la iluminación LED es más costoso que las fluorescentes. A continuación se muestra en las siguientes Figuras 2.5 y 2.6 la diferencia de iluminación LED e iluminación con fluorescentes;



**Figura 2.5. Iluminación Fluorescente<sup>55</sup>**



**Figura 2.6. Iluminación LED<sup>56</sup>**

*“Conocido como diodo de emisión de luz, se trata de un dispositivo sólido, semiconductor que consigue energía al aplicar tensión circulan los electrones dentro del material semiconductor. Poseen una larga vida útil, además del ahorro por el bajo consumo de energía, además de la poca emisión de calor y rayos ultravioletas, a la vez son menos contaminantes por no contener gases metales”.*<sup>57</sup>

---

<sup>55</sup> Autor

<sup>56</sup> Autor

<sup>57</sup> <http://www.arboldenoticias.com/content/view/3868/48/>.

## 2.1.4 PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles solares son dispositivos que aprovechan la energía del sol que son utilizados para generar energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica los cuales están formados de celdas que transforman la luz solar en energía eléctrica, también se produce un efecto que produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores produciendo un campo eléctrico capaz de fluir una corriente eléctrica a continuación se presenta como se encuentra formado una planta de solar fotovoltaica como se muestra a continuación en la siguiente Figura 2.7.

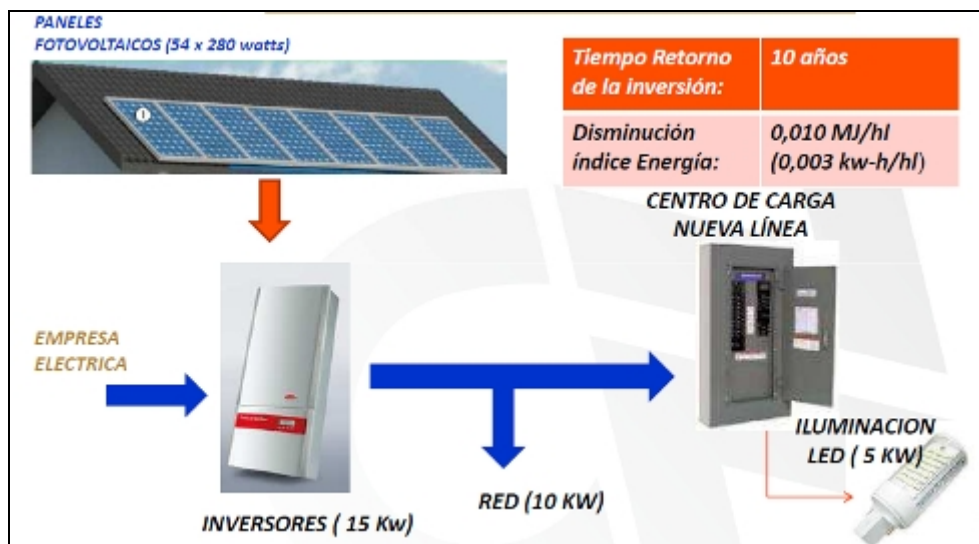


Figura 2.7. Paneles Fotovoltaicos<sup>58</sup>

“También llamados paneles solares se conforman de células fotovoltaicas divididas en celdas produciendo electricidad a partir de la luz del sol posee condiciones estandarizadas para determinar su potencia las cuales son:”<sup>59</sup>

- Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>.
- Temperatura de célula de 25°C.

<sup>58</sup> <http://www.ingenieriasolar-ec.com/nuestratecnologia.html>

<sup>59</sup> PhotovoltaicsPowerUp». *Science* 324 (5929): pp. 891–2. 2009. doi:10.1126/science.1169616. PMID19443773. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico).

#### **2.1.4.1 TIPOS DE PANELES**

Existen clases de paneles solares las cuales se destacan los siguientes:

Los paneles de silicio con cristales amorfos se consideran amorfos cuando el silicio no se ha cristalizado, su costo es más elevado, sin embargo sus años de duración son de 35 años por lo que aumenta su efectividad.

Los Paneles fotoeléctricos de silicio policristalino se consideran así a los paneles conformados de silicio cristalizado.

Los Paneles fotoeléctricos de silicio monocristalino se componen de secciones de un único cristal de silicio, su forma es circular u octagonal y sus lados son curvos debido a que es una célula circular recortada.

### **2.2 MÉTODOS GENERALES PARA EVALUAR INVERSIONES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Uno de los procesos generales para lograr la evaluación en la eficiencia energética son:

- Proceso de Eficiencia Energética
- Proceso de Caracterización Energética

#### **2.2.1 PROCESO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

“Este proceso a acorde al Plan del buen vivir y está relacionado con la cantidad del producto que se obtiene por unidad de energía invertida definiéndose como el conjunto de actividades encaminadas a optimizar el consumo de energía en términos unitarios manteniendo el nivel de los servicios, la investigación de la optimización de

los recursos está dada por el INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables)”.<sup>60</sup>

### **2.2.2 PROCESO DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA**

Hoy en día para optimizar los costos de producción y los recursos de la empresa es necesario implementar procesos que permitan obtener una eficiencia en el consumo y manejo de la energía eléctrica. Este proceso permite hacer una conciencia organizacional del consumo y analizar cada uno de los factores que inciden y que pueden determinar un desperdicio en el consumo.

La eficiencia en el consumo de la energía dentro de una planta de manufactura permite la optimización de los recursos y por ende baja los costos, sin embargo para obtener este resultado es necesario realizar una concientización del personal por lo que se realiza una caracterización energética determinando todos aquellos posibles factores que incidan en el alza del consumo.

Se realiza una primera vista a la instalación como toma de contacto, recabando información sobre los equipos, métodos de trabajo, protocolos de actuación, datos de tarificación y consumos energéticos (eléctricos, combustibles, energías alternativas). El objetivo de esta etapa es detectar los puntos críticos en cuanto a consumos, malas prácticas, etc. y poder establecer un plan de acción en cuanto a los períodos y puntos de toma de datos y entrevistas con el personal. [27]

Se determina posibles fuentes de ahorro energético en equipos y áreas, mediante evaluaciones técnicas en los siguientes sistemas:

- **Sistemas Térmicos:** Son un conjunto de máquinas que generan agua caliente y vapor a partir de la ignición de diferentes combustibles. Se encuentran interconectados por medio de tuberías o ductos en una red de distribución, hacia distintos lugares; dentro de los cuales se pueden destacar los sistemas de calefacción, aire acondicionado, aislamientos, entre otros.

---

<sup>60</sup> <http://www.iner.gob.ec/?p=7281/lineas-de-investigacion#1/2013>

En estos sistemas es necesario tomar en cuenta la generación de vapor y redes de distribución, para la detección temprana de fugas de vapor.

- **Sistemas Electromecánicos:** Son un conjunto de dispositivos o aparatos mecánicos, que son accionados o controlados, mediante corrientes eléctricas. En estos sistemas se debe realizar una evaluación de la transformación y distribución de la energía, el sistema tarifario y la distribución propia de la planta.
- **Sistemas de aire comprimido:** Es un conjunto de máquinas que elevan la presión del aire a un valor de trabajo deseado. Es preciso realizar una evaluación de estos sistemas, para identificar fugas, caídas de presión a través de los filtros, exceso de presión requerida en el proceso, etc.
- **Sistemas de Bombeo Hidráulico:** En este sistema es necesario identificar el uso de bombas al vacío, o a carga parcial, la presión de funcionamiento requerida, etc.
- **Sistemas de Iluminación:** Es un conjunto de luminarias colocadas en lugares extensos, que proporcionan el máximo rendimiento visual cumpliendo con las exigencias de seguridad y comodidad para el trabajador.

Es necesario realizar una evaluación de los sistemas de iluminación en los sectores industriales, ya que tiene una participación significativa en el consumo total de energía de la planta. Así pues, su control es importante para la obtención de ahorros energéticos.

### **2.3 APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Para realizar una correcta metodología al momento de evaluar proyectos de esta índole se propone:

- Auditoria Energética
- Registro de Datos
- Análisis Económico

- Ciclo DEMING al uso de Energía

### **2.3.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA**

Es considerada como un diagnóstico energético, donde se identifica el desperdicio y se busca la manera de poder ahorrar energía eléctrica sin limitar, ni la comodidad ni la producción.

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Para su aplicación se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Compromiso de la Gerencia
- Planificar el Proyecto
- Recolección de Información e Inventario General de las Instalaciones
- Análisis de la Información
- Determinar la Incidencia del Consumo de Energía de Cada Equipo
- Determinar los potenciales de ahorro de energía
- Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía
- Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos
- Revisar conclusiones con personal de la empresa y Elaborar un informe definitivo.



### 2.3.2 REGISTRO DE DATOS

En este registro se lleva una estructura mediante la observación e incluye un análisis global en donde se entrevista a expertos para conocer el consumo, las tarifas que se han tenido en los últimos años, las horas de trabajo, la producción realizada por la misma que permite identificar posibles ahorros de energía, para luego realizar un análisis detallado con el fin de determinar la eficiencia de los procesos y las operaciones. Y de ahí el análisis de los índices de cada área haciendo una relación entre la producción y el consumo que se tiene expresado en la siguiente Tabla 2.3:

$$\frac{\text{Kilovatio Hora}}{\text{Hectólitro de Cerveza Envasado}}$$

Tabla 2.3. Fórmula de consumo específico de energía eléctrica<sup>61</sup>

### 2.3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

En este análisis se detalla cual es el consumo de energía y cuál es el valor que se debería tener como meta GAP para obtener esto se puede utilizar el método general tomando los valores globales, el método específico tomando cada área de consumo y detallándola.

### 2.3.4 CICLO DEMING AL USO RACIONAL DE ENERGÍA

Para efectos de análisis utilizando las metodologías DMAIC y Six sigma tomando en cuenta las variables de DEMING se obtiene la siguiente Tabla 2.4 proceso:

<sup>61</sup> Indicador de Energía. Cervecería Nacional



Tabla 2.4 Ciclo Deming<sup>62</sup>

## 2.4 ESTRUCTURA TARIFARIA A NIVEL INDUSTRIAL

Al ser la energía eléctrica un servicio de orden público, las empresas mediante reglamento del estado deben definir anualmente cual va a ser la estructura que permita calcular la tarifa que se va a cobrar mensualmente a cada sector dependiendo del volumen de uso, el tipo de consumo y la zonificación:

<sup>62</sup> <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/551/1/T-ESPE-018402.pdf>

#### **2.4.1 PLIEGO TARIFARIO VIGENTE (1 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2012)**

*“APLICACIÓN: El presente pliego tarifario se aplicará a todos los consumidores finales, cuyas características generales se definen en el artículo 17 del Reglamento de Tarifas y que no hayan suscrito contratos a plazo con Generadoras o Distribuidoras”.*<sup>63</sup>

#### **2.4.2 TARIFA G7**

*APLICACIÓN: Esta tarifa se aplicará a los consumidores Industriales, que disponen de un registrador de demanda máxima o para aquellos que tienen potencia calculada.*

*El cargo por demanda aplicado a estos abonados deberá ser ajustado, según se detalla más adelante, en la medida que se cuente con los equipos de medición necesarios para establecer la demanda máxima durante las horas de pico de la Empresa (18:00 – 22:00) y la demanda máxima del abonado G7. En el caso de no disponer de este equipamiento, deberá ser facturado sin el factor de corrección de la demanda.*

*Si un consumidor de este nivel de tensión, está siendo medido en baja tensión, la Empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente al 2% del monto total consumido en unidades de potencia y energía.*

- a. En caso de disponer de los equipos de medición y registro de la demanda horaria (MTDH):*

*Esta tarifa se aplicará a los consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria, que les permite identificar los consumos de potencia y energía en los períodos horarios de punta, demanda media y de base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda (22:00 hasta las 8:00).*

#### **CARGOS:**

---

<sup>63</sup> <http://www.eeq.com.ec/upload/pliegos/20121126103318.pdf>

US\$ 1.414 por factura, en concepto de Comercialización, independiente del consumo de energía.

US\$ 4.129 mensuales por cada KW de demanda facturable como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por un factor de corrección (FCI).

Para aquellos clientes cuya relación de los valores de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango 0.6 a 0.9 el factor de corrección (FCI) se obtiene de la relación:

$FCI = A*(DP/DM)+(1-A)*(DP/DM)^2$  donde:

$A = 0.5833$

DP = Demanda máxima registrada por el abonado G7 en las horas de pico de la Empresa (18:00 - 22:00).

DM = Demanda máxima del abonado G7 en el mes.

Para aquellos clientes cuya relación de los valores de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango mayor a 0.9 y menor o igual 1, el FCI = 1.2

Para aquellos clientes cuya relación de los valores de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango menor a 0.6, el FCI = 0.50

La demanda máxima a facturarse no podrá ser menor al 60% de la demanda facturable del abonado G7, definida en el literal G.1 del presente pliego.

#### **DE LUNES A VIERNES**

US\$ 0.058 por cada Kwh, en función de la energía consumida en el período de demanda media (08:00 hasta las 18:00).

US\$ 0.072 por cada Kwh, en función de la energía consumida en el período de punta (18:00 hasta las 22:00).

US\$ 0.042 por cada Kwh, en función de la energía consumida en el período de base (22:00 hasta las 08:00).

#### **SÁBADOS, DOMINGOS Y FERIADOS**

*US\$ 0.058 por cada KWh., en función de la energía consumida en el período de punta (18:00 hasta las 22:00).*

*US\$ 0.042 por cada KWh, en función de la energía consumida en el período de base (22:00 hasta las 18:00).*

*7.5% del valor de la planilla por consumo, en concepto de Alumbrado Público, para los abonados Industriales*

*US\$ 17.52 contribución para el Cuerpo de Bomberos, para consumidores Industriales con Demanda.*

*10% del valor de la planilla por consumo, por Tasa de Recolección de Basura.<sup>64</sup>*

---

<sup>64</sup> <http://www.eeq.com.ec/upload/pliegos/20121126103318.pdf>

## CAPÍTULO III: DISEÑO Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

### 3.1 APLICACIÓN METODOLOGÍA DMAIC SIX SIGMA AL CONSUMO DE ENERGÍA CERVECERÍA NACIONAL.

Previo a la aplicación de la Metodología se inicia con la planificación estratégica establecida para el año de operación, lo que permite definir período de ejecución, las fechas y quienes van a proporcionar los recursos necesario para llevar a efecto todas las actividades, la persona responsable de la gerencia es la más interesada en cambiar los resultados hacia la mejora y por lo tanto se le considera como el Champion del proyecto.

El proyecto se encuentra definido en la mejora de desempeño del indicador de consumo de energía, lo cual se expresa en la reducción del mismo, por la comparación del referente de producción que para el caso corresponde a los hectolitros de cerveza producidos, lo que en condiciones normales se obtiene de manera diaria, pero dada la manera como se desarrollará, en el caso de estudio se dará seguimiento de manera semanal para la etapa posterior, sse procederá a realizar el siguiente proyecto que muestra la Tabla 3.1 con la información general.

Información del Proyecto			
Nombre del Proyecto	Ahorro de Energía Eléctrica - Planta Quito	No. Proyecto	1
Champion del Proyecto	Bayron Moya	Tutor Six Sigma	Marco Buestán
Líder del Proyecto	Jorge Bolaños	Ciudad	Quito
Área del Negocio	Manufactura	Proceso Impactado	Indicador Energía Planta
Ahorro Esperado	No Estimado	Fecha de Inicio	15/02/2012
Costo Estimado	No Estimado	Fecha de Fin	31/09/2012

Tabla 3.1. Información general del Proyecto<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Autor

La metodología DMAIC Six Sigma se aplicó a los procesos que consumen energía eléctrica en la Cervecería Nacional tomando en cuenta los datos históricos desde abril 2011 a febrero del 2012 para obtener cual las variaciones que permitirán realizar el seguimiento y la implementación de la metodología desde febrero a septiembre del 2012.

Para realizar este proyecto se han dividido en 5 fases:

### **3.1.1 DEFINIR**

Los resultados del consumo de energía eléctrica en Cervecería Nacional Planta Quito presentan una tendencia al alza, obteniendo hasta el mes de noviembre del 2011 un indicador acumulado de 7.44 Kilovatios hora por cada hectolitro de cerveza envasado valor que se encuentra por encima de la meta propuesta, siendo imprescindible la elaboración de un proyecto que ayude a reducir dicho indicador.

#### **3.1.1.1 OBJETIVO, ANTECEDENTES Y MÉTRICA DEL PROYECTO**

Optimizar el consumo de energía eléctrica de planta, basados en proyectos sustentables que permitan realizar mejoras en los procesos y procedimientos, que conlleven a mejorar significativamente el indicador energético.

La necesidad de planta de llevar a nuestros procesos a un nivel óptimo, hace imprescindible el plantear y ejecutar proyectos que optimicen recursos en cada parte de las áreas de manufactura.

Indicador de energía eléctrica en Planta Quito (Kwh/Hl)

### **3.1.1.2 ENTREGABLES Y ALCANCE ESPERADOS**

Planes de ahorro energético, proyectos de mejora y optimización de sistemas, procedimientos estándares de operación en los procesos.

Se abarca la revisión y el análisis de las variables en las diferentes áreas que afecten al métrico principal, dando prioridad en lo posible a la estandarización de nuevos procedimientos de operación en los procesos productivos, se estudiará la factibilidad del cambio de tecnología en cargas y sistemas significativamente ineficientes y que tengan impacto en el métrico. Como fuera de alcance tenemos el consumo energético indirecto y los proyectos que surjan del análisis que representen un impacto significativo en costos.

### **3.1.1.3 BENEFICIO Y RECURSOS CLAVE AL NEGOCIO**

El impacto al negocio que se tendrá es la sincronización de procesos productivos con los sistemas que se manejan en el área de servicios así como un impacto sustancial financiero al tener un ahorro de energía lo que implicaría \$0.053 libre de impuestos por cada kilovatio hora que no se use o desperdicie.

Dentro de los recursos del negocio está el recurso humano compuesto por técnicos y especialistas en el área los cuales toman una función dentro del proyecto así como el cronograma de actividades a realizarse con los tiempos estimados y el número de horas que cada miembro del equipo aportará a realizar el proyecto tomando en cuenta los datos históricos y los datos presentes de la corrida de la metodología como se muestra en las siguientes Tablas.



### 3.1.1.4 RECURSOS HUMANOS, TIEMPO

Para determinar el recurso humano a ser empleado para el desarrollo de la Metodología se tomó en cuenta todas las áreas a ser analizadas desde el mantenimiento hasta el sistema de embotellado y productivo de la empresa conformando un equipo multidisciplinario de 11 personas. La disposición del personal para participar en el Six Sigma se consensó con los responsables, considerando con ello también, las instalaciones y recursos. Como se puede observar en el transcurso del proyecto los datos recopilados han sido tomados desde abril del 2011 y la aplicación del proyecto desde febrero del 2012.

Dentro del proyecto se contará con un Champion el cual dirigirá y guiará a todo el equipo en la aplicación de la metodología para lo cual requiere de liderazgo, conocimiento y respeto por parte del equipo, así como predisposición para escuchar, medir, y analizar cada uno de los eventos transcurridos en el proyecto, de ahí que los líderes de las áreas y los soportes ayudarán al Champion en la recolección de información, los cuales serán analizados y realizados el respectivo estudio de los mismos para lograr los objetivos propuestos:

Recursos y los costes del proyecto			
Actores Seis Sigma			
Nombre	Equipo kaizen	Soporte	
Bayron Moya	Champion del Proyecto	Recurso Soporte	Directrices específicas para la elaboración del proyecto con la metodología DMAIC.
Marco Buestan	Tutor Seis Sigma		
Jorge Bolaños	Líder del Equipo	Necesidades Especiales	-Recolección de información. -Análisis de estándares operativos de procesos productivos.
Guillermo Pérez	Soporte Técnico línea de envase		
Miguel Sánchez Falpe Salvador Roberto Erazo	Dueño del Proceso Elaboración Envase Servicios Auxiliares		
Luis Molina	Soporte Técnico		-Soporte en el análisis de datos. -Análisis y estudio de comportamientos específicos de las cargas significativas en los procesos. -Desarrollo de Six Sigma DMAIC
Gonzalo Chillan Fabricio López Ricardo Trujillo	Soporte de Producción Eléctricos elaboración, servicios y envase		

Tabla 3.2. Recursos<sup>66</sup>

<sup>66</sup> Autor



indicadores operativos encontrados en Cervecería Nacional se encuentra el consumo de electricidad, concentrado en este proyecto la aplicación de la metodología.

Para la aplicación de la metodología se procede a capacitar al personal involucrado con la finalidad de aprovechar el compromiso y la generación de ideas del equipo para evaluar las diferentes áreas y obtener los resultados esperados, además de asignarse las obligaciones de cada uno para la aplicación e implementación del proyecto.

### **3.1.1.5 ESTADÍSTICAS DE KWH/HL CONSUMIDOS DESDE EL 2011**

La información previa que se requiere ha sido proporcionada por el personal de la empresa y documentos de registro de consumo desde abril del 2011 tomando en cuenta estos datos históricos para realizar los respectivos gráficos, como se puede ver en el ANEXO A tomando en cuenta el consumo de energía de las siguientes áreas:

- Sistema de Vapor
- Sistema de Aire
- Sistema de Frío
- Sistema de CO<sub>2</sub>
- Sala de Fuerza
- Cocimiento
- Fermentación
- Maduración
- Filtración
- Bodega de Frío
- Secador de Afrecho
- Secador de Levadura
- Planta de secado
- Planta de Agua
- Línea Envase de Agua
- Iluminación Manantial

- Iluminación Línea #3
- Dispensador de Barriles
- Línea de Envase
- Iluminación PTAR
- Administración, despacho y servicios generales.

### **3.1.1.6 GRÁFICO DE CORRIDA MÉTRICA PRIMARIO**

En base a la recopilación de los datos históricos semana a semana que se obtuvieron en la planta, se pudo establecer la variación en Kwh/hl de los diferentes meses teniendo el promedio más bajo en febrero del 2012, tomando en cuenta que se obtuvo un promedio indicado en la Figura 3.1 por la raya azul que es de 7.43 Kwh/hl, calculando la desviación estándar de la data obtuvimos 0.497 por lo tanto el valor meta que se nos plantea desde la gerencia es de 7.04 Kwh/hl, usando la fórmula para el cálculo de nuestro GAP es igual valor promedio menos el mejor indicador el cual es 6.52 Kwh/hl, obteniendo el valor de 0.91 Kwh/hl a nivel planta lo que es igual al 40 % de nuestro valor del GAP, es decir el intervalo que hay entre lo que se tiene en promedio y lo que se espera.

El proceso se encuentra sometido únicamente a causas comunes de variación.

La variable de consumo de energía se analizó dando pormenores de la distribución del fluido energético, así como la configuración de las instalaciones para definir los consumos de utilización por áreas. Se revisó el comportamiento general, evidenciado en la Figura 3.1 el cual muestra el comportamiento previo del indicador de consumo de energía en los 11 meses de estudio en donde se ubican los valores máximos mensuales.

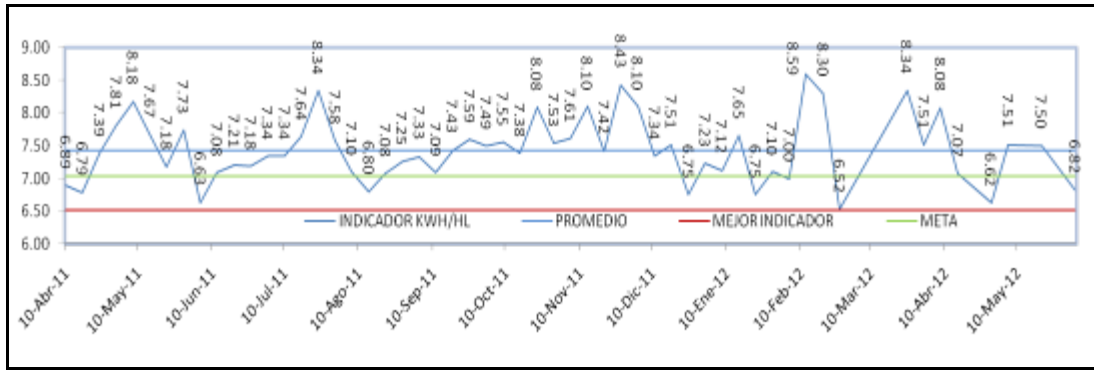


Figura 3.1. Indicador de Kilovatio hora consumido/ Hectolitro<sup>68</sup>

En la Figura 3.2 se analiza estadísticamente la capacidad de proceso de nuestra data histórica la cual dice que compara la Voz del Proceso (Variación del Proceso) con respecto a la Voz del cliente (Límites de especificación) que nos presenta la gerencia como tal nuestro límite de especificación.

Por lo tanto representa una distribución de tipo normal. [18][29]

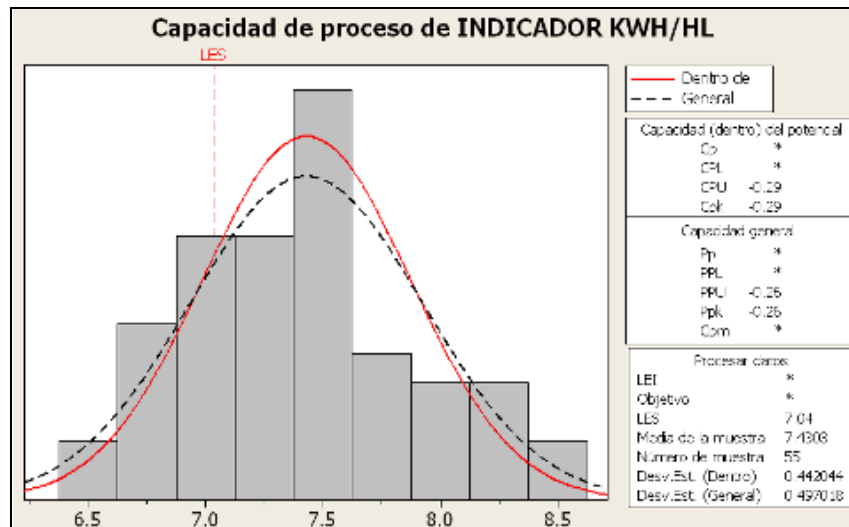


Figura 3.2. Capacidad de Proceso<sup>69</sup>

### 3.1.1.7 PARETO POR CONSUMO DE ENERGÍA

Como parte de la definición se utiliza la herramienta del Pareto Figura 3.3 para

<sup>68</sup> Autor

<sup>69</sup> Autor

establecer lo importante de la variedad de información con la que se cuenta, enfocando su estudio a los consumos por áreas que contribuyen de manera directa, este método es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto tomando en cuenta que el 20% de la causa genera el 80% de los defectos, es de ahí que se ha tomado el promedio de la energía utilizado por cada proceso macro realizado por la compañía se obtiene el porcentaje de uso de cada área tomando las que consumen más energía como área de análisis como se puede ver en la Tabla 3.4.

ENERGIA Kwh/MES	F11-F12	PROCESO MACRO	PROMEDIO	%	% ACUM
		<i>SISTEMA DE FRIO</i>	286249	27,83%	27,83%
		<i>LINEA DE ENVASE #3</i>	191249	18,59%	46%
		<i>COCIMIENTO</i>	141922	13,80%	60%
		<i>SERVICIOS GENERALES</i>	98151	9,54%	70%
		<i>SISTEMA DE CO2</i>	79665	7,74%	78%
		<i>SISTEMA DE AIRE</i>	57984	5,64%	83%
		<i>BODEGA DE FRIO</i>	49912	4,85%	88%
		<i>PLANTA DE AGUA</i>	32028	3,11%	91%
		<i>SISTEMA DE VAPOR</i>	27887	2,71%	94%
		<i>PTAR</i>	21844	2,12%	96%
		<i>PLANTA DE SECADO</i>	23383	2,27%	98%
		<i>DESPACHO</i>	9955	0,97%	99%
		<i>ADMINISTRACIÓN</i>	8485	0,82%	100%
	1028715	100%			

Tabla 3.4. Pareto por Áreas<sup>70</sup>

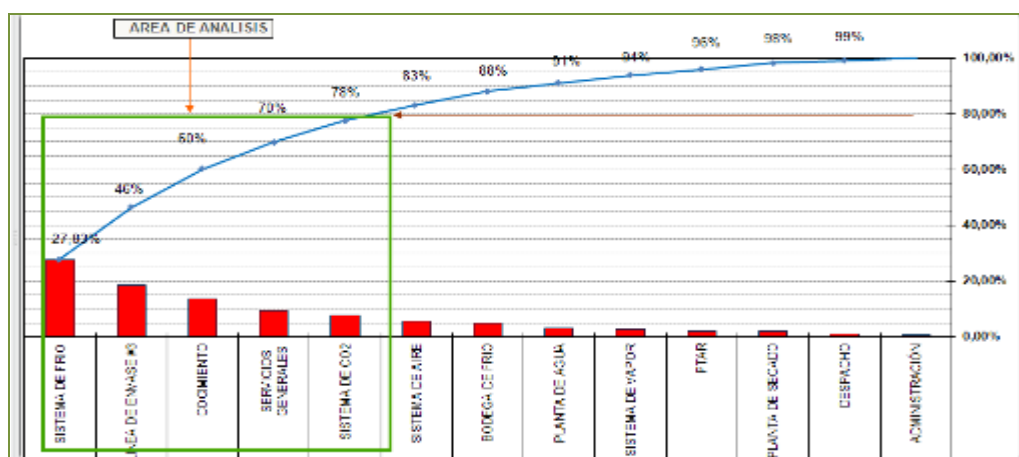


Figura 3.3. Pareto por Áreas<sup>71</sup>

<sup>70</sup> Autor

<sup>71</sup> Autor

### 3.1.1.8 SIPOC

Esta herramienta como lo indican sus siglas en inglés (Supplier, Input-Process-Output, Customers), indica una definición del proceso de gestión de la energía desde que entra a la planta hasta que se verifique su utilización en este caso el cliente sería Cervecería Nacional para luego gracias a su uso poder distribuir a sus clientes internos como se la puede observar en la Tabla 3.5.

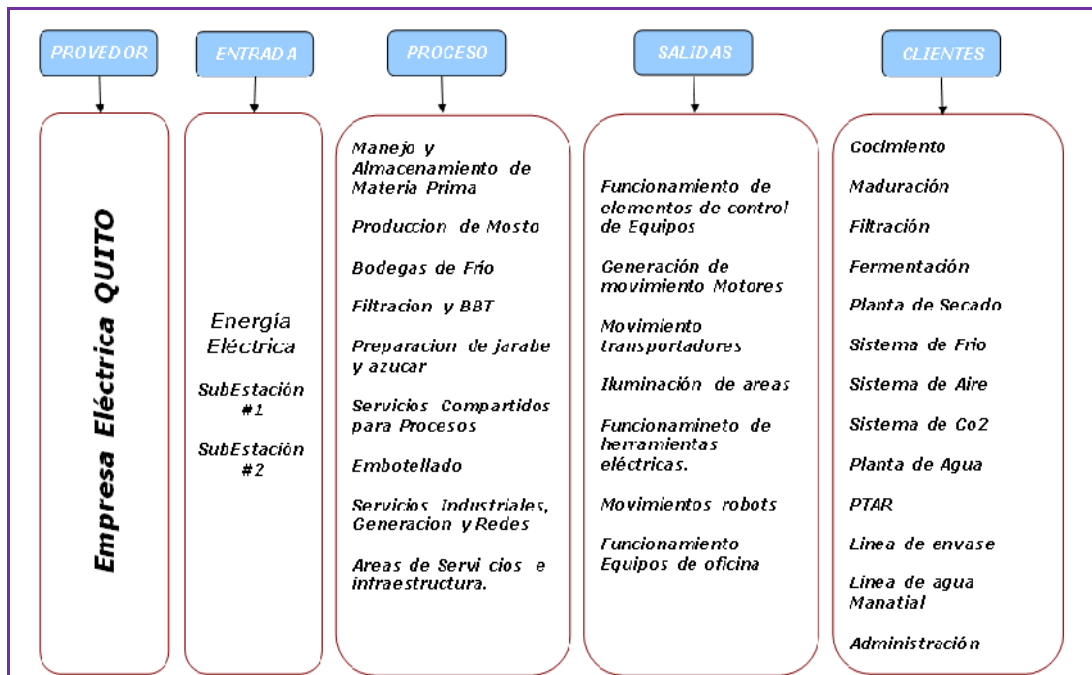


Tabla 3.5. SIPOC<sup>72</sup>

### 3.1.2 MEDIR

En la etapa de medición se presentaron los valores históricos del comportamiento de la energía en cada uno de los procesos tomando como referencia en cuartiles y estableciendo mínimos y máximos indicadores de energía ANEXO B , los cuales al estar expresados como indicadores que muestran el valor independientemente de la relación de producción de cerveza, lo que permite identificar las tendencias reales analizados a partir del año 2011, los kilovatios consumidos para el mismo período

<sup>72</sup> Autor

con la relación de producción, toda esta información fue presentada por el líder del equipo, mostrando uno de los conceptos que marca ésta metodología en base al análisis de hechos y datos soportados con la Tabla de información correspondiente.

En cada una de las presentaciones de los datos se realizaron las precisiones para el consumo de energía eléctrica incrementadas para condiciones climáticas similares y que se atribuyen directamente al incremento del uso de equipo de refrigeración necesario para el enfriamiento del proceso particular de la fermentación de la cerveza.

Los instrumentos de medición de las variables que conforman los indicadores, para el concepto de energía eléctrica son medidores de energía (Power Logic) identificados como medición directa en kilovatios por hora. El registro de la información proporcionada por estos aparatos se realiza en automático en una base de datos compatible con la programación de Office en su aplicación de Excel, la cual se obtiene en base a consumos por turno y recopilada por áreas en un mismo archivo. La información anterior es complementada con los datos de los registros de cerveza producida en hectolitros diarios, en nuestro caso se identifica plenamente el dato semanal para los períodos de tiempo enunciados. La validación de la información presentada se lleva a efecto con los cruces de datos en cada uno de los elementos que conforman el resto de variables analizadas en planta de manera diaria, lo que permite verificar la actualización y certidumbre de los datos proporcionados, los datos obtenidos para la información del consumo de energía eléctrica con los medidores referidos en párrafos anteriores, son recolectados por un sistema centralizado que se monitorea por especialistas del área de envase donde se encuentra centralizado la toma de datos, además la Empresa Eléctrica Quito verifica los equipos de comprobación para la determinación de facturación y equipos de balanceo de cargas para la propia operación del sistema de distribución eléctrica a la entrada de la Planta.



### 3.1.2.1 MACRO MAPA DEL PROCESO

Es importante dado que la estructura de la Cervecería lo requiere, para el consumo de energía, la información se presentará en función a cada área. Como se puede ver en la Figura 3.4 la planta posee 7 fases importantes en la elaboración del producto y su cadena de valor para llegar al cliente final:

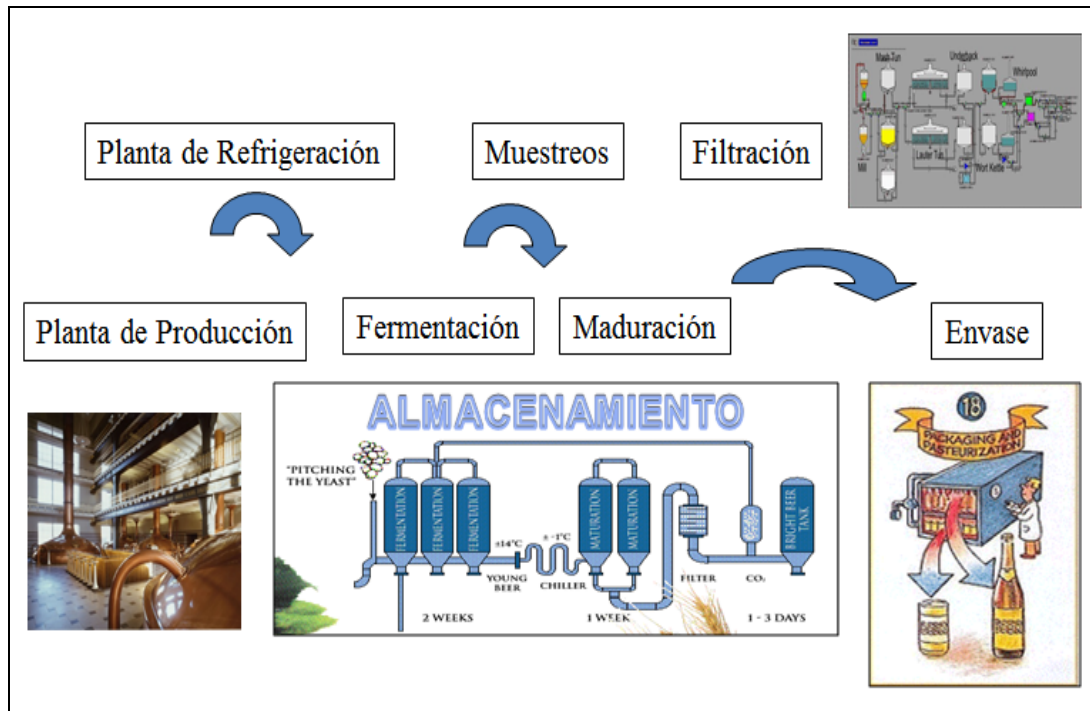


Figura 3.4. Procesos<sup>73</sup>

El Mapa funcional de proceso de la Figura 3.5 desde el punto de vista consumo de energía donde se destaca los puntos de las diferentes area que influyen en mi proceso y tomando como referencia los análisis de los mismos.

<sup>73</sup> Autor

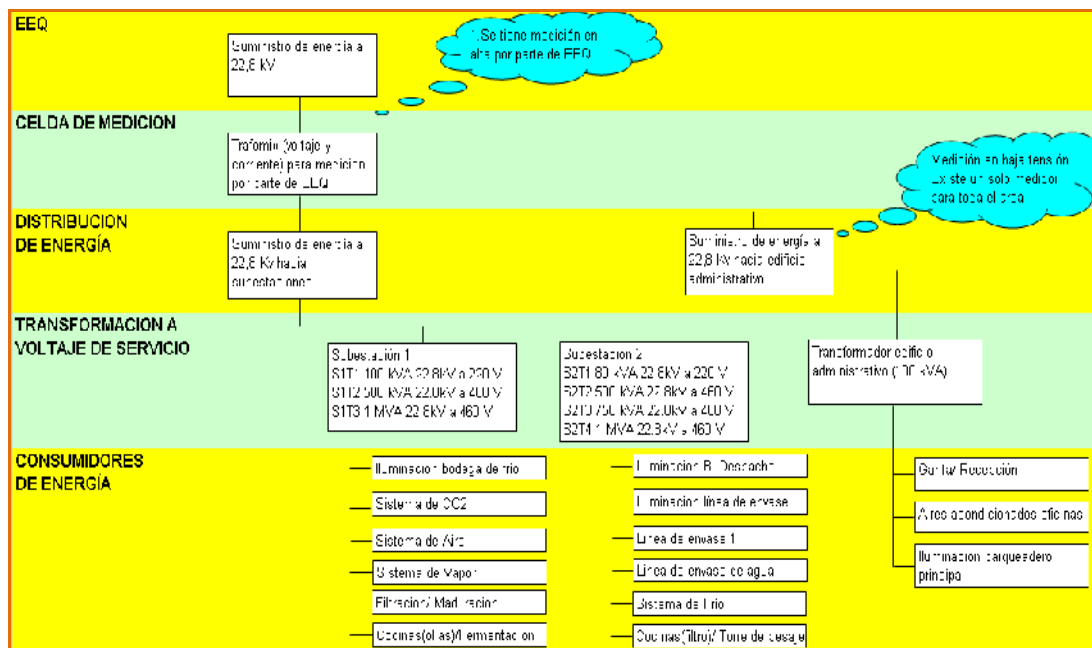


Figura 3.5. Mapa Funcional de la energía eléctrica<sup>74</sup>

Como se puede ver en la Figura 3.6 la energía llega a la planta que se visualiza el consumo de energía por un medidor principal que es el que pone el municipio y donde va a hacer los respectivos controles y facturación, a su vez la Cervecería Nacional cuenta con medidores de la Cervecería Nacional los cuales permiten regular el uso de energía en cada proceso de elaboración de los productos antes de llegar al cliente final.

<sup>74</sup> Autor

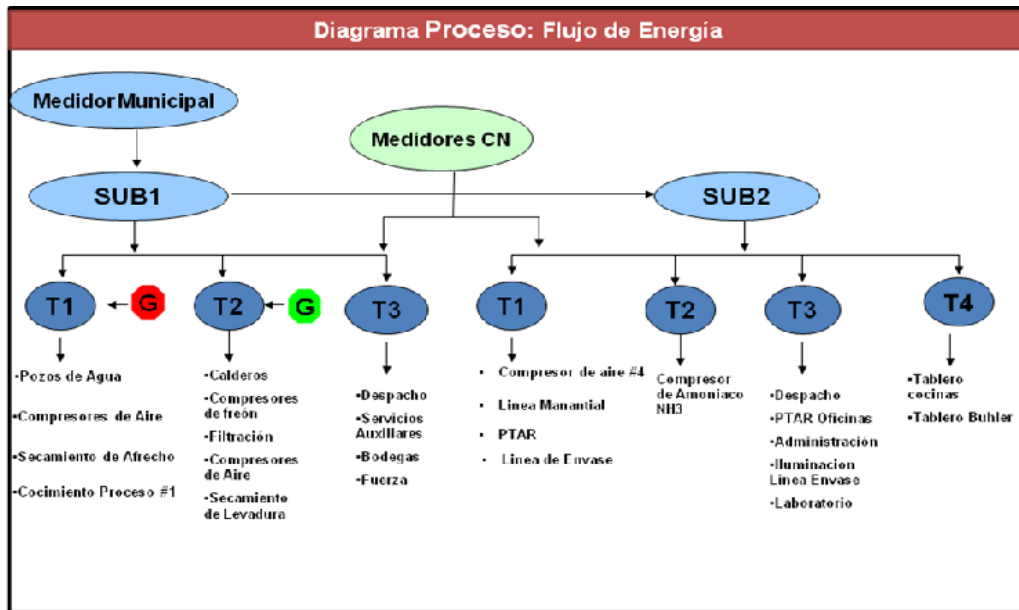


Figura 3.6. Diagrama de flujo de Energía<sup>75</sup>

### 3.1.2.2 PLAN RECOLECCIÓN DE DATOS

El dato información que se va a medir y analizar consecuentemente será el consumo de energía eléctrica y el tipo de dato será de forma continua en cada proceso de forma cuantitativa y se realizará la recolección con la información requerida en cada área la cual se hará turno a turno registrando toda la información en un documento Excel digital que se guardara en el portal interno que maneja la Cervecería Nacional la cual permitirá sintetizar la información y llevar a cuadros estadísticos el procedimiento de recolección de datos que se muestra en la Tabla 3.6.

<sup>75</sup> Autor

Plan de Recolección de Datos					
Dat0 (Y)		Definición Operacional y Procedimientos			
Que	Tipo de Dato	Como realizar la medición	5 por que	Notas del muestreo	Como / Dónde registrar los datos
Consumo de energía Planta kilovatios hora respecto a hectolitros envasados	Continuo	Diariamente se registrará el consumo totales y se obtendrá el indicador kwh/hl de la Planta y por Ares de consumo.	What: indicador Which: kilovatios hora /hectolitros Where: Formato Excel When: Diariamente Who: Area de consumo	Se registrará toda la información puesto que se mantiene medidores de cada una de las áreas	Se obtiene archivo del Portal filtrando aquellas días que son de mantenimiento y producción cuyo valores de indicador son diferentes.

Tabla 3.6. Forma de Recolección de datos<sup>76</sup>

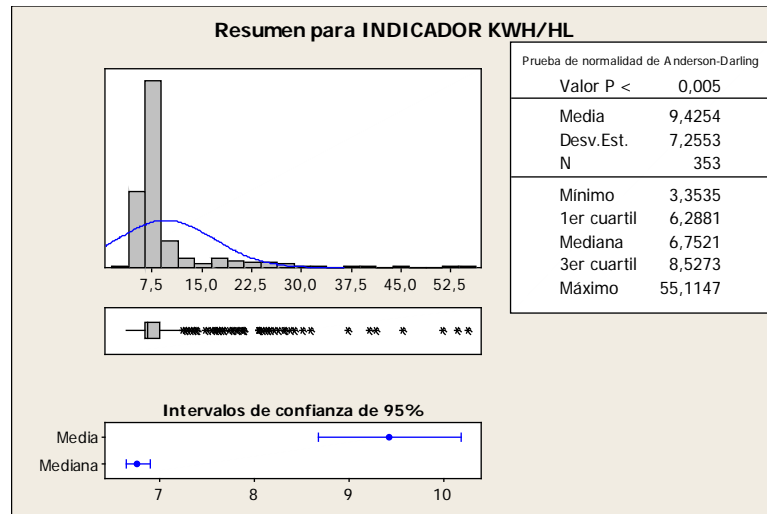
### 3.1.2.3 CRITERIOS DE ESTRATIFICACIÓN

La comunicación inicial que se realizó en el proceso, es sin duda uno de los principales elementos para permitir que la información fluya de manera adecuada desde el entendimiento de todas las condiciones en las que se desarrolla la Metodología DMAIC Six Sigma, hasta la interacción en el campo en el momento de establecer acciones puntuales para la mejora y tener una etapa de comunicación hacia la dirección para permitir la evaluación intermedia de los esfuerzos y resultados obtenidos en las etapas subsecuentes.

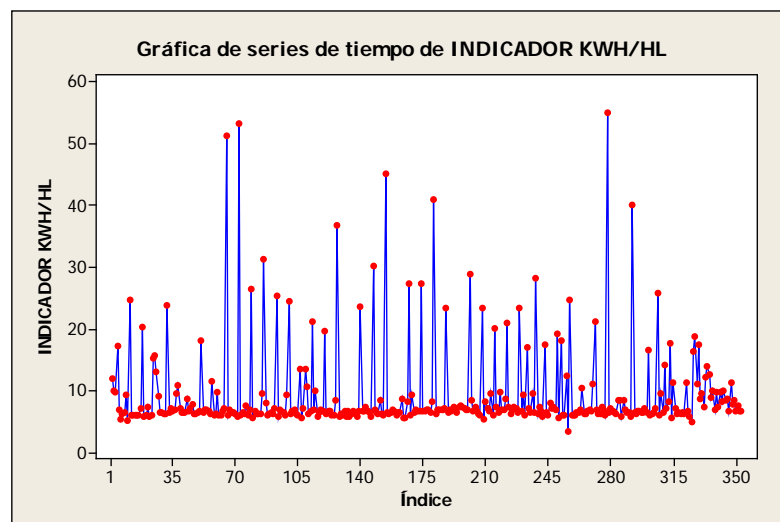
Para realizar una medición de los datos primeramente se hizo un análisis macro de las áreas que consumen energía eléctrica diaria por lo tanto no se determinaba a que etapa intervenir para el proyecto luego de haber trabajado en análisis de los datos se encontró que teníamos que estratificarlo por razones de que mi data no cumplía con ser una curva normal por su valor de P que era menor a 0,05 y se encontraban una mezcla de procesos como se indica en la Figura 3,7 y 3,8 con la data histórica mostrada en el ANEXO C. “En el método de Anderson Darling o Ryan Joiner, si el

<sup>76</sup> Autor

valor de probabilidad  $P$  de la prueba es mayor a 0.05, se considera que los datos son normales".<sup>77</sup>



**Figura 3.7. Diagrama de flujo de Energía<sup>78</sup>**



**Figura 3.8. Diagrama de flujo de Energía<sup>79</sup>**

En cuanto a la información tomando diferentes puntos de vista para focalizar el problema de forma correcta una de las causas potenciales del consumo en este caso tendremos dos áreas específicas que son la de producción y la de mantenimiento en las cuales analizaremos una variable en cada una como se muestra en la Figura 3.9.

<sup>77</sup> <http://es.scribd.com/doc/26816059/Prueba-de-Anderson-Darling>

<sup>78</sup> Autor

<sup>79</sup> Autor

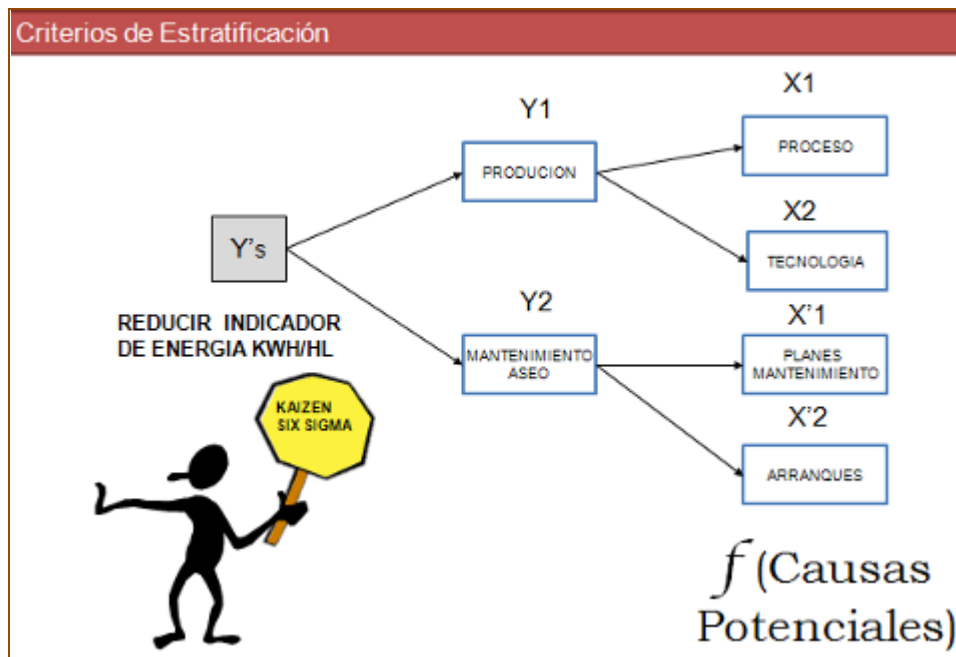


Figura 3.9. Estratificación<sup>80</sup>

### 3.1.2.3.1 INDICADOR DE PRODUCCIÓN

Para focalizar el problema de forma correcta una de las causas potenciales del consumo de energía en los días de producción y también se lo subdividió en cuartiles para su estudio ya que de manera general se podía evadir una relación directa por periodos de mayor demanda las cuales se analizó la variable indicador por cuartiles en Q2-2012 a nivel planta muestra una tendencia más definida estratificado, variando entre 8,37 Kwh/hl y 5,8 Kwh/hl con un promedio del 6,88 Kwh/hl entre el mes de abril y junio del 2012. El GAP se observa que es 0,44 Kwh/hl ya que por cálculos mi meta es 6,44 Kwh/hl descartando las condiciones básicas que son limpieza, lubricación y mantenimiento, Figura 3.10.

<sup>80</sup> Autor

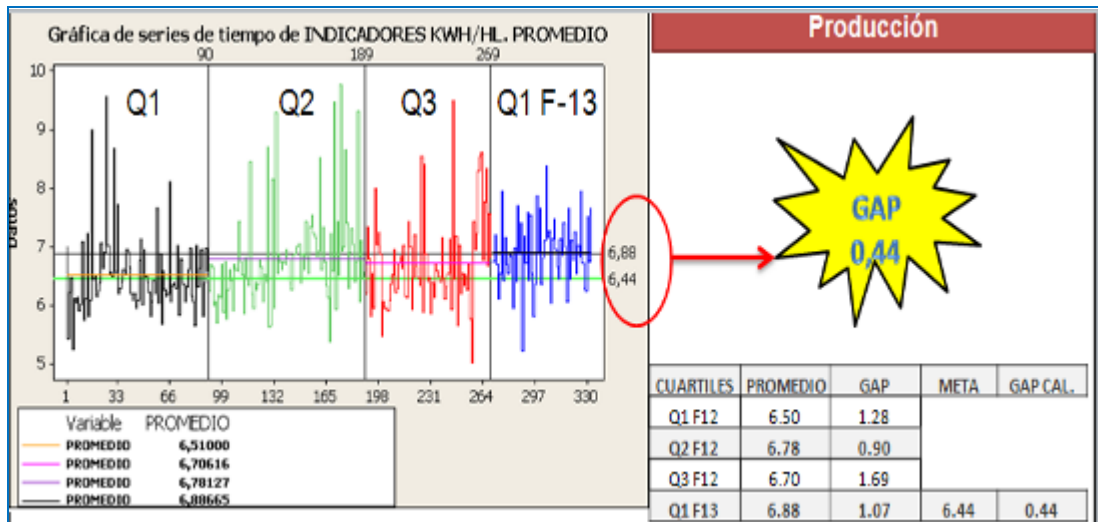


Figura 3.10. Indicador de producción<sup>81</sup>

La distribución normal o también llamada “Campana de Gauss”, siendo una de sus la media de los valores el punto más alto de la gráfica en forma de campana y “el ancho de la campana” el rango (Dispersión) por lo tanto en la Figura 3.11, muestra la desviación estándar, la data del Q2-2012 muestra que mi curva es normal por ser el valor de  $P= 0,880$  que es mayor a  $P=0,05$  lo cual podemos ratificar que cumple con una distribución normal la data de producción teniendo como datos principales que es la media 6.88 Kwh/HL y desviación estándar 0,508 también podemos observar que de acuerdo al plan de producción la meta para cumplir con el indicador es de 6,44 Kwh/HL, también podemos observar los indicadores calculados para cumplir con nuestra meta subdividiéndolos por días sobre una base de producción planificada y consumos de energía en kilovatios hora consumidos para la respectiva producción.

<sup>81</sup> Autor

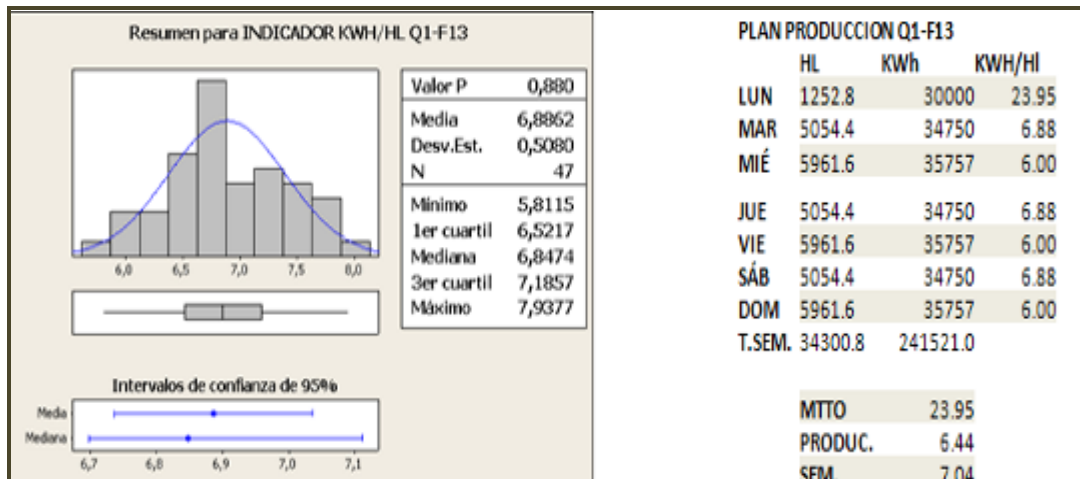


Figura 3.11. Desviación Estándar de Producción<sup>82</sup>

La data para el Q2-2012 muestra estadísticamente en la Figura 3.12 que pasa la prueba de normalidad respecto a los cuartiles del 2011. Basados en ello concluimos que nuestro sistema es capaz de llegar a la meta especificada, nuestro CpK del proceso de nuestro cuartil Q2-2012 se obtiene que es -0,25 lo cual se encuentra sesgada hacia la derecha y lo que se puede analizar es que tendremos que corregir problemas de localización para luego continuar con problemas de variabilidad. [29]

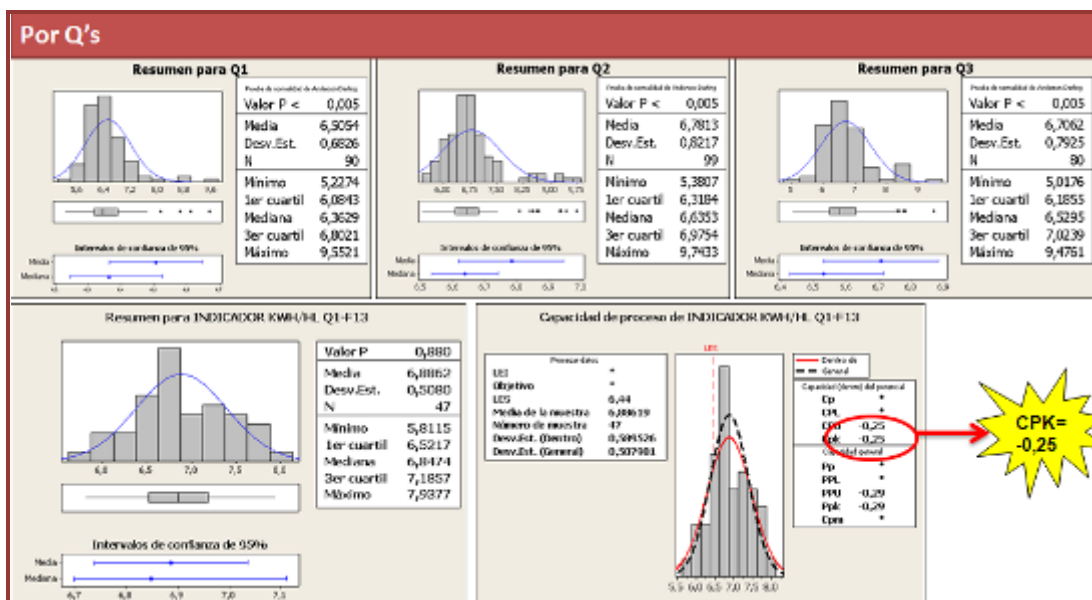


Figura 3.12. Indicadores por Cuartiles<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Autor  
<sup>83</sup> Autor



### 3.1.2.3.3 INDICADOR DE MANTENIMIENTO

Otro de los problemas enfocados es la del indicador por días de mantenimiento la data fue recolecta del 2011- 2012 solo por semana los días que se realizan mantenimiento para que a su vez muestren la energía consumida para las respectivas áreas lo cual a nivel planta muestra una tendencia no definida, que tiene picos de indicadores muy elevados lo cual hace que el promedio sea muy alto lo que hace es subir mis indicadores a la semana lo cual se va a ir estratificando por tiempos de aseo y arranques de mantenimiento y por ende mi ahorro de energía descartando las operaciones básicas, variando entre cada uno los días de mantenimiento hasta el mes de mayo del 2012 se muestra en la Figura 3.13.

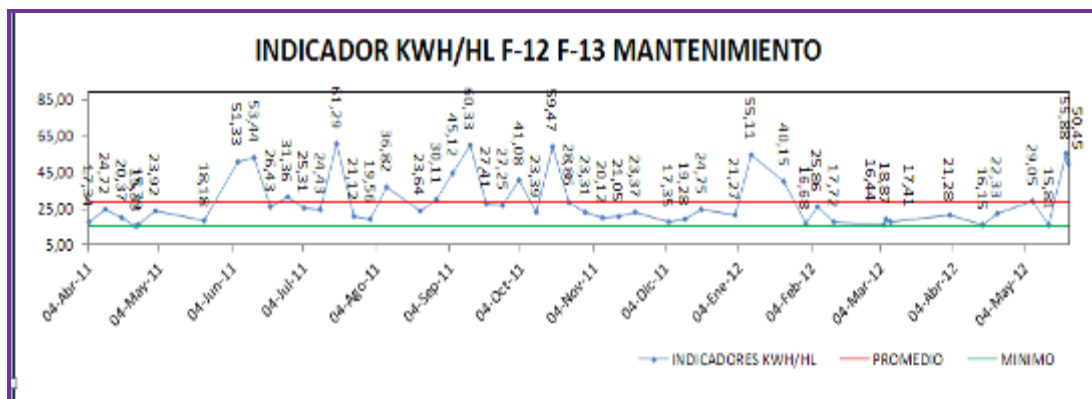
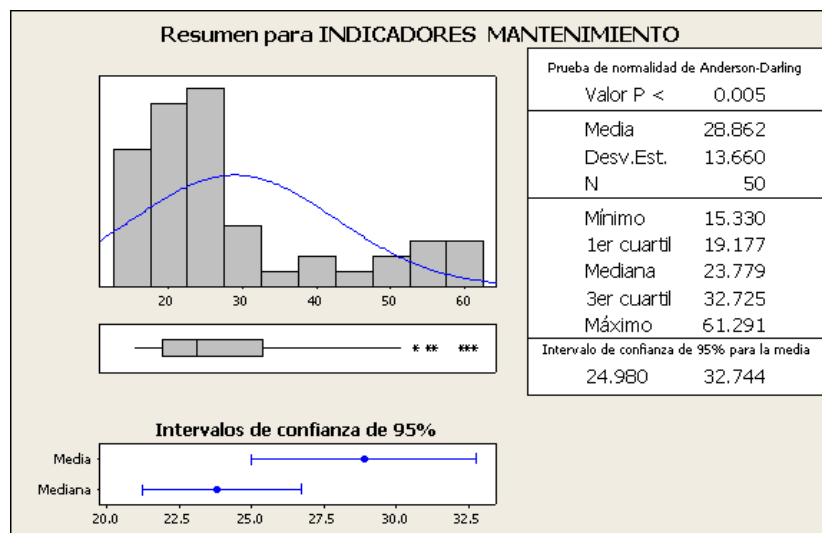


Figura 3.13. Indicador de Mantenimiento<sup>84</sup>

Se observa en la Figura 3.14 el resumen de la data de los indicadores en los días de mantenimiento la cual nos indica que no es normal porque nuestro valor de  $P = 0,005$  lo cual indica que es menor a 0.05, por lo tanto la curva es no normal lo cual lleva a plantear uno de los mejores beneficios en el control de la variación: definir cuándo es propia del proceso, algo normal, originada por causas normales o comunes y cuando obedece a causas anormales o externas, también se establece el promedio obtenido en el año 2011-2012 que es 28,86 Kwh/hl la cual nuestra meta muestra un valor de 23,95 Kwh/hl donde mi GAP es de 4,91Kwh/hl Tabla 3.7.

<sup>84</sup> Autor



**Figura 3.14. Resumen del Indicador de Mantenimiento<sup>85</sup>**

2011-2012	PROMEDIO	GAP	META	GAP
	28.86	13.54	23.95	4.91

**Tabla 3.7. Promedio del Indicador de Mantenimiento<sup>86</sup>**

Si se entiende el concepto de variabilidad y se mide por medio de la desviación estándar se pueden establecer los límites normales de variación. (Usualmente más menos 3 desviaciones estándar), una vez fijados esos límites se puede entregar con toda tranquilidad el proceso a manos de los subalternos, para que ellos se auto controlen, tal y como recomienda la filosofía del "empowerment".

*“El empowerment, significa empoderamiento, facultación y dar poder a la gente para decidir y actuar con responsabilidad y compromiso, en los momentos actuales constituye una herramienta gerencial fundamental para romper los viejos modelos mentales de liderazgo metacéntrico y autoritario que está orientado a dirigir y controlar a la gente.”<sup>87</sup>*

Si los colaboradores no entienden cómo controlar la variabilidad de un proceso, no hay procedimiento o instrucción que lo salve, aunque estén certificados. De nada sirven los premios y los castigos si un proceso está variando dentro de sus causas normales.

<sup>85</sup> Autor

<sup>86</sup> Autor

<sup>87</sup> [http://www.degerencia.com/articulo/empowerment\\_en\\_la\\_gestion\\_gerencial](http://www.degerencia.com/articulo/empowerment_en_la_gestion_gerencial)

### **3.1.3 ANALIZAR**

Para la continuación del Six Sigma DMAIC procede a realizar el análisis de la información con la que se cuenta, definiendo con ello los parámetros de referencia para evaluación de indicadores de desempeño en el área, los cuales se expresan como indicadores de consumo kilovatio hora por hectolitro de cerveza envasado para su proceso, en ésta etapa se reafirma con los integrantes el motivo de presentación de cada uno de los indicadores, dando inicio con el consumo de energía se consideraron las fuentes de generación en los elementos de distribución y cada uno de los componentes en el consumo, definiendo con ello la aplicación y utilización de la energía que en cada uno de los puntos se da, permitiendo a su vez definir las áreas específicas con mayor consumo y aquellas que presentan tendencias de incremento, siendo lo anterior uno de los primeros insumos con los que se trabajará en el análisis. La forma de llevar a efecto la medición fue comprobada, así como la determinación de rutina de inspección que asegura su nivel de confiabilidad para la toma de lecturas asignadas para cada consumidor.

#### **3.1.3.1 ANÁLISIS OPORTUNIDADES DE AHORRO POR ÁREAS**

El consumo de electricidad el cual se presentó estratificado en dos grupos de análisis en función a su consumo, siendo los procesos de producción y mantenimiento las que mayor monto representan y cuya variabilidad se pone en evidencia por el comportamiento de los datos semanales registrados en las áreas, los cuales se muestran en la Tabla 3.8 descritos para cada área. Se puede evaluar en cada uno de ellos las oportunidades de ahorro, en los que cada uno de los integrantes respondió a las dudas de su tendencia y relación entre los períodos que presentan algún patrón. Al revisar el de mayor consumo en Sala de Fuerza se establecieron las condiciones de variación en función a la demanda de enfriamiento que requieren los equipos de compresión y que por su alta capacidad el consumo se refleja de manera inmediata en la facturación de la energía eléctrica consumida.

Utilizando el método de Pareto Figura 3.15, y tomando en cuenta en los ítems anteriores se realiza la obtención del GAP o intervalo de medición para lograr las

metas en cada una de las áreas especificadas en las tablas anteriores como se puede ver en los siguientes Tablas de medición.

El GAP entre el consumo de producción y la meta es bajo, y el consumo más alto está en los días de mantenimiento de cada área.

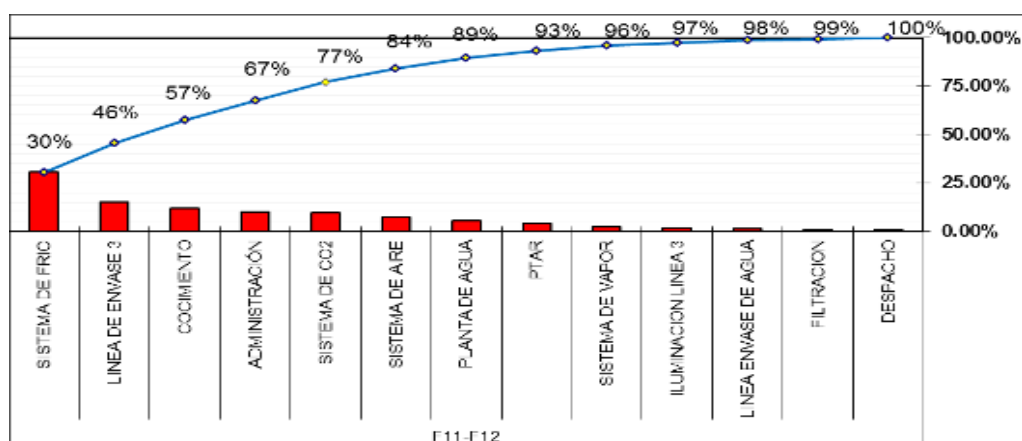


Figura 3.15. Pareto por Oportunidad de Ahorro<sup>88</sup>

AREAS	META	PRODUCCION F12	PRODUCCION NORMAL	MANTENIMIENTO ASEO	GAP
SISTEMA DE VAPOR	0.14	0.16	0.15	0.53	0.015
SISTEMA DE AIRE	0.43	0.50	0.49	1.25	0.065
SISTEMA DE FRIO	2.28	2.45	1.73	4.75	0.170
SISTEMA DE CO2	0.64	0.66	0.54	1.94	0.015
COCIMIENTO	0.82	0.92	0.90	2.65	0.100
BODEGA DE FRIO	0.15	0.12	0.10	0.16	-0.030
PLANTA DE SECADO	0.13	0.09	0.08	0.13	-0.040
PLANTA DE AGUA	0.39	0.35	0.20	0.51	-0.040
LINEA DE ENVASE #3	1.19	1.34	1.28	1.94	0.152
PTAR	0.12	0.13	0.09	0.34	0.010
ADMINISTRACIÓN	0.05	0.06	0.05	0.21	0.005
DESPACHO	0.06	0.06	0.05	0.20	0.004
SERVICIOS GENERALES	0.57	0.58	0.19	2.10	0.010
<b>PROMEDIO TOTAL PLANTA KWH/HL</b>	<b>7.04</b>	<b>7.43</b>	<b>6.88</b>	<b>28.86</b>	<b>0.44</b>

Tabla 3.8. Oportunidad de Ahorro<sup>89</sup>

<sup>88</sup> Autor

<sup>89</sup> Autor

### 3.1.3.2 FISHBONE

Luego de la comprensión de los datos se pasa a la etapa de análisis para cada variable, incidente que afecta al índice de estudio para su mejora, se emplea la técnica de lluvia de ideas y el diagrama de causa y efecto también llamado diagrama de Ishikawa, con la finalidad de establecer las líneas de acción que el equipo tomará de manera inmediata para modificar los resultados actuales del indicador.

Para su aplicación se inicia de la aportación individual de cada uno de los participantes, para realizar una lluvia de ideas que permite llegar al diagrama causa-efecto o Ishikawa para la estructura de análisis, identificando con ello las posibles causas.

Mediante esta Matriz de causa y efecto se analizan todas las posibles causas que generan el consumo elevado de energía, la repercusión del efecto en cada ente de la empresa como maquinaria, personal, medio ambiente, materiales y métodos permite realizar una sectorización del problema y poder tomar las medidas respectivas para eliminarlo o minimizar su efecto como se muestra en la Figura 3.16.

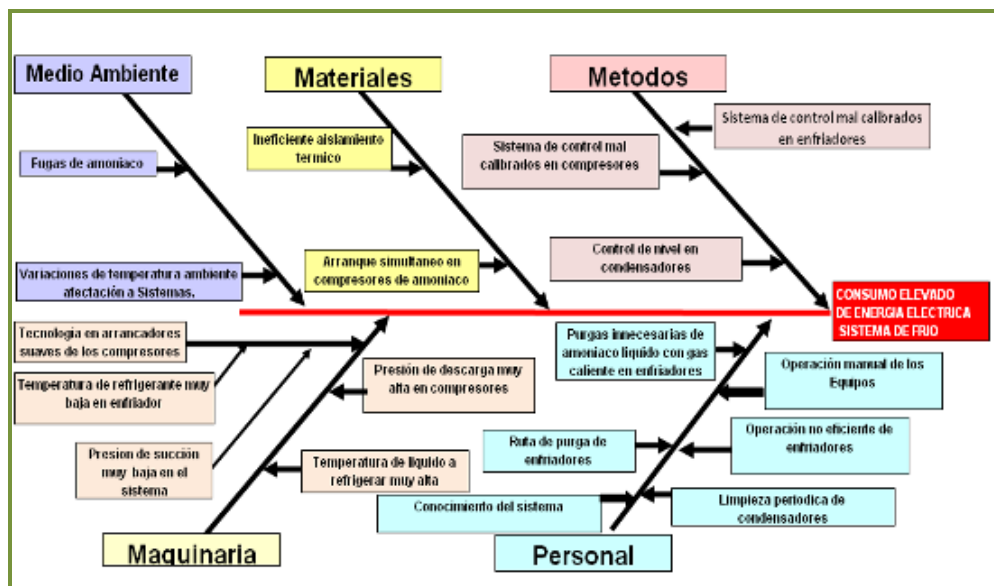


Figura 3.16. Fishbone<sup>90</sup>

<sup>90</sup> Autor

### 3.1.3.3 MATRIZ CAUSA Y EFECTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Los proyectos identificados como oportunidad de ahorro dentro de cada una de las áreas se analizaron determinando cómo influye cada una de las variables que puede reducir el consumo de energía. Se puede observar en el ANEXO D el resumen de todos los proyectos de mejora que fueron identificados para el ahorro de energía y que influiría en el indicador de cada una de las áreas la cual se puede evidenciar en una matriz causa y efecto para su respectiva priorización de los proyectos de oportunidades de ahorro.

Como se puede ver en el ANEXO D el consumo se evidencia en mayor proporción en los compresores de aire y en menor proporción en la iluminación del almacén como se puede ver en la Figura 3.17. [21]

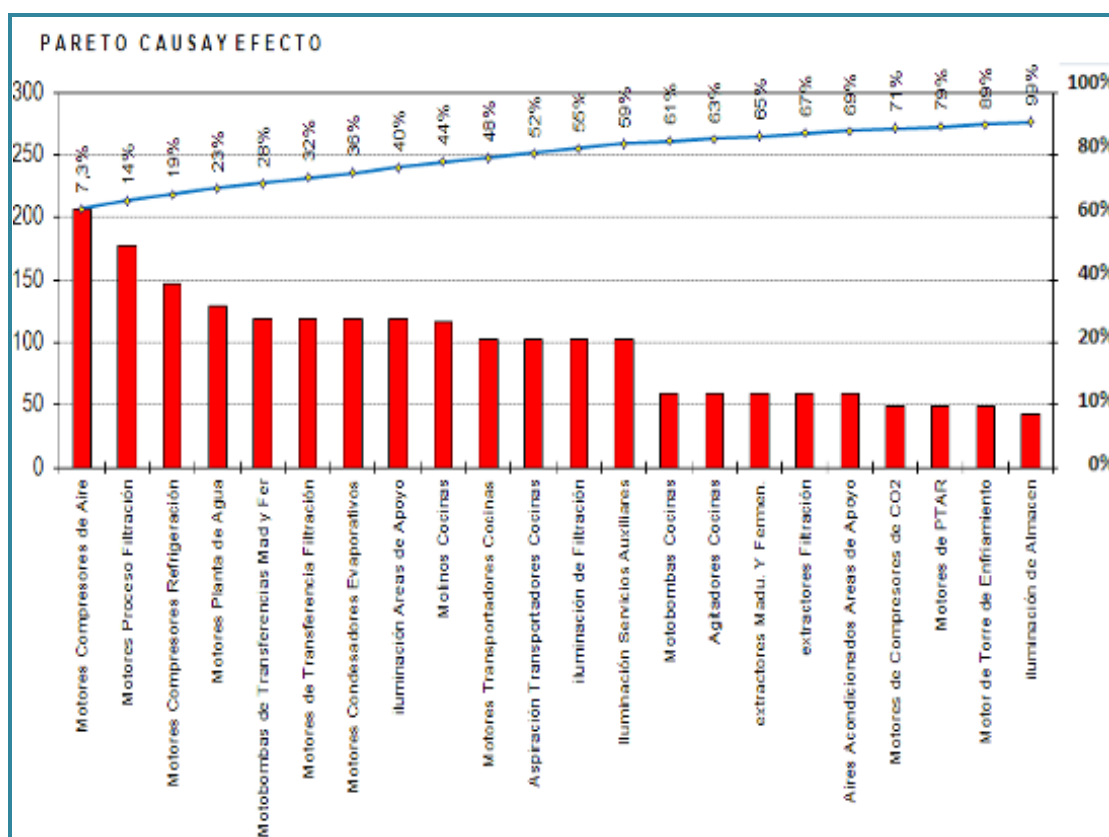


Figura 3.17. Pareto Matriz de Causa y efecto<sup>91</sup>

<sup>91</sup> Autor

### 3.1.3.4 ANÁLISIS DE CAUSAS Y EFECTOS EN LOS MODOS DE FALLA (AMEF)

Los procesos con mayor repercusión en el uso de energía eléctrica son el sistema de frío y aire por lo cual se pidió al equipo realizar una serie de pruebas que permitan recopilar información de las causas específicas potenciales para el incremento de consumo en Kilovatios siendo en el siguiente Tabla 3.10 SEV: Severidad, OCC: Ocurrencia del evento y DET: Detección en el Numero de procesos dando como resultados las recomendaciones mostradas:

Análisis de Efecto y Modo de Falla (AMEF)									
Proceso	Proceso clave de entrada	Modo Potencial de Falla	Efectos Potenciales de Falla	SEV	Causas Potenciales	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
SISTEMA DE FRIO	Compresores de Amoniaco	Muy Baja presión de succión Nh3	Incremento de kW y kVA.	8	Sobredimensionamiento del sistema. Ineficiencias de los enfriadores de las áreas (Calibración y ajustes). Altas caídas de presión, por mal dimensionamiento de tuberías. Aislamiento térmico de los equipos.	9	HMI. Mediciones de presión de succión en cada equipo.	9	729
SISTEMA DE AIRE	Compresores de Aire	Fugas en el Sistema	Perdida de Presión. Uso continuo de los compresores por consiguiente incremento de kW y kVA.	7	Fugas en los puntos finales del servicio. Mal uso del aire comprimido. Empujes de aire sin reguladores a la salida. Fuga en general.	9	No controlado	8	648
SISTEMA DE AIRE y FRIO	Control del Arranques	Uso inadecuado de los sistemas.	Incremento de kW y kVA.	9	Equipos operando fuera de parámetros óptimos	9	Set Point PLC	8	648
Acciones Recomendadas			Responsables	Acciones Tomadas	SEV	OCC	DET	RPN	
Encontrar la presión óptima de succión del sistema.			JV, JB, Servicios.	En pruebas.	10	9	9	810	
Optimización de secuencia de arranque de compresores, cambiando el sistema de control.			JV, JB, PS, Servicios.	En proceso.	7	8	7	392	
PEO para arranques de equipos. Rutas y controles			JV, JB, PS, Servicios.	En proceso y pruebas.	8	9	7	504	

Tabla 3.10. Matriz de efectos a modo de falla<sup>92</sup>

<sup>92</sup> Autor

### **3.1.4 IMPLEMENTAR**

Del análisis realizado en el proceso se procede a determinar estrategias para las alternativas de reducción de consumo de energía eléctrica, las implementaciones deberán ser observadas por el equipo Six Sigma, esperando que la mejora continua se siga aplicando aun después del periodo del proyecto.

#### **3.1.4.1 IMPLEMENTAR ACCIONES A CAUSAS RAÍCES**

La solución a las causas raíces de cada una de las áreas de oportunidad detectadas, contemplan problemas de interés en cada una de las áreas y un seguimiento de tareas a cada uno de los integrantes del equipo Six Sigma se podrá ir monitoreando el avance a través de periódico Kaizen a corto, mediano y largo plazo que tendrán tiempos de implementación y también causas que infieren en la implementación y será evidenciado y analizado en el consumo de energía en cada uno de las áreas detectadas. Estas estrategias se implementaran en la Cervecería Nacional Planta Quito para mejorar el proceso y hacerlo eficiente; las estrategias de solución planteadas son las siguientes:

##### **3.1.4.1.1 ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE INTERÉS DETECTADOS EN EL SISTEMA DE FRÍO**

Al realizar diferentes pruebas en el Sistema de frío se obtuvo la siguiente información siendo los problemas de interés más fuertes el proceso de arranque del sistema en días de mantenimiento y el desconocimiento del personal en cuanto al ahorro del uso de energía a nivel interno y el valor que impacta en el indicador de su área como se ve en la siguiente Tabla 3.11:



<b>Sistema de Frío</b>				
<b>Problemas de Interés</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Importancia</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Total</b>
<b>1. Proceso de arranque del sistema de Frío en días de Mantenimiento</b>				32
Resultados	8	14	10	
Respuestas	2+2+2+2	4+4+3+3	4+3+1+2	
<b>2. Falta de Capacitación del proceso de enfriamiento de las áreas que necesitan refrigeración</b>				23
Resultados	6	10	7	
Respuestas	1+1+2+2	2+3+2+3	2+2+2+1	
<b>3. No hay Definición de las Responsabilidades de quienes controlan el proceso</b>				23
Resultados	9	5	9	
Respuestas	2+2+2+3	1+1+1+2	3+2+2+2	
<b>4. Desconocimiento del Nivel de información de ahorro de energía del Usuario Interno</b>				30
Resultados	10	10	10	
Respuestas	3+2+3+2	3+3+3+1	1+3+3+3	
<b>5. Bajo Nivel de Comunicación</b>				19
Resultados	6	6	7	
Respuestas	2+2+1+1	2+1+1+2	3+2+1+1	
<b>6. No hay Infraestructura que propicie la participación de la mejora</b>				20
Resultados	6	7	7	
Respuestas	2+2+1+1	2+3+1+1	3+1+2+1	

**Tabla 3.11. Análisis de Problemas en el Sistema de Frío<sup>93</sup>**

### **3.1.4.1.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS DE INTERÉS DETECTADOS EN EL SISTEMA DE AIRE**

Al realizar las pruebas en el sistema de aire se encontró que el mayor problema regía del personal en cuanto a la falta de comunicación existente en las áreas que requieren el aire para funcionar y en la maquinaria en cuanto a la calibración del sistema, Tabla 3.12.

<sup>93</sup> Autor

<b>Sistema de Aire</b>				
<b>Problemas de Interés</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Importancia</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Total</b>
1. Proceso de arranque y funcionamiento del sistema de aire en días de Mantenimiento				19
Resultados	4	8	7	
Respuestas	1+1+1+1	2+1+3+2	2+3+1+1	
2. Falta de Capacitación del funcionamiento de compresión del aire				23
Resultados	6	10	7	
Respuestas	1+1+2+2	2+3+2+3	2+2+2+1	
3. Inexistencia de calibración fina del sistema de compresión de aire				28
Resultados	9	10	9	
Respuestas	2+2+2+3	3+3+2+2	3+2+2+2	
4. Desconocimiento del Nivel de información de ahorro de energía del Usuario Interno				19
Resultados	6	6	7	
Respuestas	2+2+1+1	2+1+1+2	3+2+1+1	
5. Bajo Nivel de Comunicación entre las áreas que se proveen de aire para su funcionamiento				30
Resultados	10	10	10	
Respuestas	3+2+3+2	3+3+3+1	1+3+3+3	
6. No hay Infraestructura que propicie la participación de la mejora				20
Resultados	6	7	7	
Respuestas	2+2+1+1	2+3+1+1	3+1+2+1	

**Tabla 3.12. Análisis de Problemas en el Sistema de Aire<sup>94</sup>**

### **3.1.4.1.3 SEGUIMIENTO AL PERSONAL EN DÍAS TRABAJADOS**

La etapa posterior a la implementación correspondió a la de control aplicada al indicador, logrando con ello un seguimiento integral, en el caso del desarrollo del presente proyecto se planteó la relación de causas entre los índices que correspondían a acciones similares y de las cuales se elaboró un plan de acción a corto plazo conocido por la metodología como periódico Kaizen el cual tiene principalmente tres esquemas de tiempo para su empleo y seguimiento, el primero considerado de 30 días como de corto plazo para poder identificar las acciones a tomar dentro del

<sup>94</sup> Autor

propio evento, es decir al 25% del tiempo estimado para su conclusión y que en algunos representa un resultado inmediato, aquí consideramos las actividades que en función a la capacidad de aplicación, recursos y sobre todo disponibilidad de las instalaciones se pueden implementar evaluando con ello ya sea en forma gradual o única la conclusión de la misma.

El Kaizen o también conocido como mejora continua se aplicó en el proyecto para evaluar en 30 y 60 días al personal y las acciones recomendadas que tenían que realizarse registrando en porcentajes el avance realizado como se muestra en la siguiente Tabla 3.13. [7]

<b>Periódico Kaizen de seguimiento a 30 Y 60 días</b>				
ACCION	RESPONSABLE	FECHA	AVANCE	SEGUIMIENTO EN DIAS
Revisión del sistema de refrigeración para la secuencia de operación de los equipos de compresión.	JORGE BOLAÑOS	20/05/20 12	100%	30
Corrección de las fugas de Aire detectadas en el suministro de áreas conforme a levantamiento proporcionado por los integrantes del equipo Kaizen.	PEDRO SOTOMAYOR	02/05/20 12	100%	60
Instalación de programas de monitoreo en red de las variables de operación en los sistemas de control de presión para refrigeración alarmando las condiciones definidas como de bajo rendimiento eléctrico para su inmediata atención.	JORGE BOLAÑOS	15/05/20 12	100%	60
Presentación de programas de producción con alternativas que apalanquen un menor impacto en el consumo, para reducir el número de arranques.	GERENTES DE AREA	15/05/20 12	100%	30
Mito. Mayor y ajuste de Set point's de los compresores de Aire 1, 2, 3, 4 detectados como de mayor antigüedad sala de fuerza.	PEDRO SOTOMAYOR	02/05/20 12	100%	60

**Tabla 3.13. Kaizen del Personal del Proyecto<sup>95</sup>**

<sup>95</sup> Autor

### 3.1.4.1.4 IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE MEJORA

Al realizar el procedimiento de adquisición procesamiento y análisis de datos se implementa este modelo de procesos que debe seguir cada persona a cargo con el fin de que la información llegue de forma continua y sistemática como se ve en la siguiente Tabla 3.14:

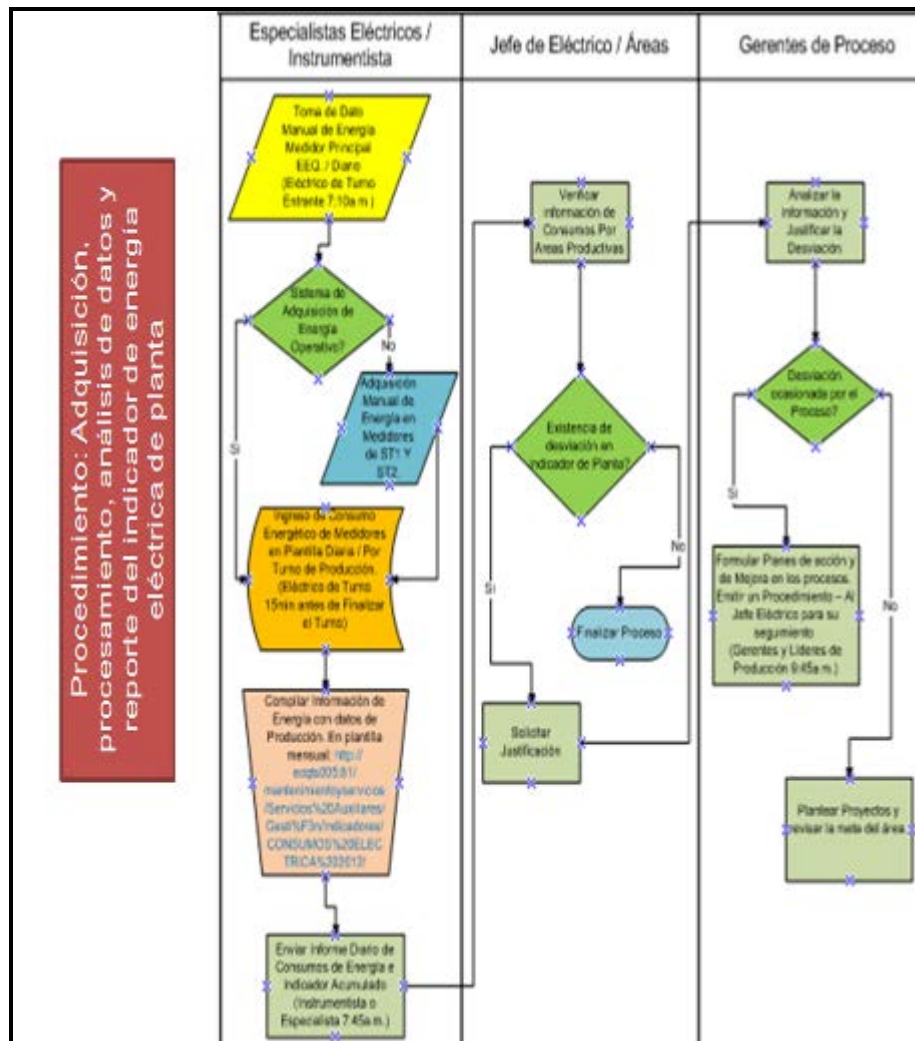


Tabla 3.14. Proceso para la Mejora continua<sup>96</sup>

<sup>96</sup> Autor

#### **3.1.4.1.5 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

Se establece optimizar el sistema de Refrigeración, anteriormente se trabajaba con una presión de succión de 23 PSI, lo que se deriva en una exigencia alta de los compresores para poder bajar la presión lo que resultaba en un consumo excesivo de energía, haciendo las modificaciones en la actualidad se trabaja con una presión de succión en el Sistema de Refrigeración de 28 PSI con lo que se obtiene un menor régimen de trabajo de los compresores optimizando horas de trabajo de los mismos, así como el consumo de energía.

#### **3.1.4.1.6 LECCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS**

Cada área debe ser analizada continuamente para detectar a tiempo los problemas que puedan surgir, así como el consumo de energía de las mismas, para ello se implementa unas lecciones de un punto de reportes que manejan los encargados de la misma como se muestra a continuación en las siguientes Figura 3.18 y 3.19:

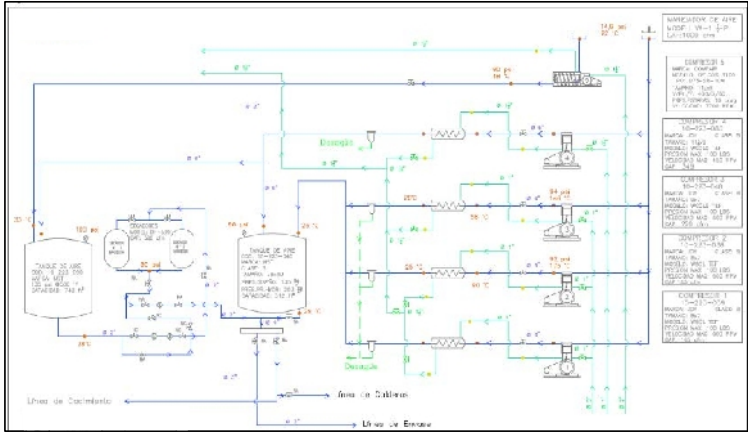
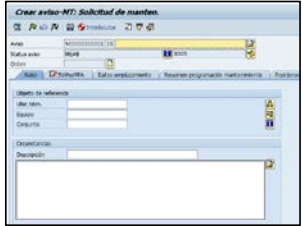
LECCIÓN DE UN PUNTO						
<b>AREA DE APRENDIZAJE</b>	<b>EQUIPO</b>		Línea de Aire distribuido en el area de Sala de Fuerza			
Detección de Fugas en el sistema de Aire sala de fuerza	<b>FECHA REALIZACION</b>		05/06/2012			
	<b>MAQUINARIA</b>		Sistema de Aire			
<b>FUNCIONES DONDE APLICA</b>		<b>EJERCICIO PROPUESTO</b>				
Operador sala de fuerza		Realizar un aviso de solicitud de mantenimiento para la corrección de fugas				
<b>CONOCIMIENTO</b>						
<p>Para evitar fugas de aire y por ende consumos de energía eléctrica se debe realizar una inspección visual de la línea de Aire para detectar la pérdida del mismo, lo cual se registrará en el software SAP realizando un reporte de aviso detallando donde se encuentra la fuga y categorizar la gravedad del daño.</p>						
<p style="text-align: center;">Sistema de Aire</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;">  </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> <p>Reportar en el SAP</p>  </div> </div>						
REVIZADO :	CARLOS VIZUETE		FIRMA:		FECHA:	
	FERNANDO JIMENEZ		FIRMA:		FECHA:	
	PATRICIO VEGA		FIRMA:		FECHA:	
	RUBEN MACHADO		FIRMA:		FECHA:	
			FIRMA:		FECHA:	
			FIRMA:		FECHA:	
			FIRMA:		FECHA:	
OBSERVACIONES:						

Figura 3.18. Lección de un punto Sistema de Aire<sup>97</sup>

<sup>97</sup> Autor







LECCIÓN DE UN PUNTO					
<b>AREA DE APRENDIZAJE</b>		<b>EQUIPO</b>		Compresores de Amoníaco	
Secuencia de arranque compresores de Amoníaco (NH3) Sala de Fuerza y Cilindrico Cónicos		<b>FECHA REALIZACION</b>		06/07/2012	
		<b>MAQUINARIA</b>		Sistema de Frío	
<b>FUNCIONES DONDE APLICA</b>		<b>EJERCICIO PROPUESTO</b>			
Operador sala de fuerza y Planta de Agua		Realizar una correcta operación de arranque y monitoreo compresores de Amoníaco			
<p><b>CONOCIMIENTO</b></p> <p>Para evitar el consumo de energía por arranque y producción se debe realizar una correcta operación de arranque y monitoreo de presión de succión 28 PSI y la comunicación entre areas que influye en gran parte al consumo de energía a nivel planta por ende se presenta en la siguiente figura la secuencia correcta de arranque de los compresores de amoníaco.</p>					
<b>Compresores Cilindro Cónicos</b>			<b>Compresores Sala de Fuerza</b>		
		<b>SECUENCIA DE OPERACIÓN</b>			
COMP.1		2		3	
COMP.2		1		1	
COMP.3		3		2	
REVIZADO :	CARLOS VIZUETE		FIRMA:		FECHA:
	FERNANDO JIMENEZ		FIRMA:		FECHA:
	PATRICIO VEGA		FIRMA:		FECHA:
	RUBEN MACHADO		FIRMA:		FECHA:
			FIRMA:		FECHA:
			FIRMA:		FECHA:
			FIRMA:		FECHA:
OBSERVACIONES:					

Figura 3.19. Lección de un punto Sistema de Frío<sup>98</sup>

<sup>98</sup> Autor

### **3.1.4.1.7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE**

Para cada procedimiento de arranque tanto en el mantenimiento como en la producción se pidió que los empleados sigan 3 pasos con la ayuda de un sistema de control:

- a) Ingresar la hora de inicio programado para la maquinaria
- b) Ingresar el número correspondiente al porcentaje del servicio requerido el cual va desde 1 el 25% hasta 4 el 100%.
- c) Agendar las reuniones de planificación semanal y llegar puntual a las mismas con el fin de ayudar en la mejora continua a todo el equipo convirtiendo a cervecería en una empresa esbelta.

### **3.1.4.1.8 OPTIMIZACIÓN DE ARRANQUE EN LA LÍNEA DE ENVASE**

Al llenar el programa se puede visualizar los tiempos en el que se debe programar así como el porcentaje de trabajo que se realiza en cada ciclo está implementación permite optimizar los tiempos de arranque de la maquinaria planificando estratégicamente los días viernes entre producción y mantenimiento para cumplirlos los días lunes de cada semana cada paso que se da en el área de embotellamiento y la necesidades de servicios auxiliares que provee de esta forma se vela la producción total en el proceso y por ende la reducción de mi indicador a nivel planta como se puede ver en las siguientes Tabla 3.15 y 3.16:



PROGRAMA DE ARRANQUE LINEA DE EMBOTELLADO

PROGRAMACION	HORA DE INICIO PROGRAMADO		PROGRAMA DE ARRANQUE LINEA DE EMBOTELLADO															
	CALENTAMIENTO SOLUCIONES PARA CIP	INICIO CALENTAMIENTO LAV. DE BOT.	12:23	12:38	12:54	13:10	13:25	13:41	13:56	14:12	14:28	14:43	14:59	15:14	15:30	15:45	16:01	
1 25%	AGUA GENERAL			●														
2 50%	AGUA ABLANDADA									●								
3 75%	A. CARBONATADA																	
4 100%	AIRE	●	●			●				●	●			●	●	●	●	
	CO2									●	●			●	●	●	●	
	EE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	FRIO																	
	VAPOR	●	●					●									●	

DIGITE HORA PROGRAMADA

Tabla 3.15. Optimización del proceso de Arranque<sup>99</sup>

HORA DE INICIO PROGRAMADO	PROGRAMA DE ARRANQUE LINEA DE EMBOTELLADO																OBSERVACIONES
	CALENTAMIENTO SOLUCIONES PARA CIP	INICIO CALENTAMIENTO LAV. DE BOT.	INICIO CIP ZONA ENJUAGUE LAV BOT.														
15:30	12:23	12:38	12:54	13:10	13:25	13:41	13:56	14:12	14:28	14:43	14:59	15:14	15:30	15:45	16:01		
AGUA GENERAL	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
AGUA ABLANDADA	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
A. CARBONATADA	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
AIRE	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
CO2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
EE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
FRIO	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
VAPOR	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

Tabla 3.16. Optimización del proceso de Arranque<sup>100</sup>

<sup>99</sup> Autor  
<sup>100</sup> Autor

### **3.1.4.2 ANÁLISIS DESPUÉS DE LAS IMPLEMENTACIONES**

Con las implementaciones realizadas se procede a analizar tomando en cuenta los puntos donde tuvo mayor impacto y por ende la mayor reducción de consumo de energía en el sistema de frío.

#### **3.1.4.2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FRÍO**

El 53% de la energía eléctrica consumida proviene de la demanda para los sistemas de refrigeración del proceso cervecero, es por ello que el equipo Six Sigma analizó el comportamiento del sistema para los meses referidos encontrando áreas de oportunidad de mejora en función a la identificación de los valores de presión del refrigerante logrando con ello que los equipos de compresión trabajen con el máximo aprovechamiento de la energía eléctrica, sin afectar a los niveles de enfriamiento que los procesos requieren, también se identificó falta de procedimientos para la documentación en el sistema de operación de sala de fuerza que permitan un apego a condiciones de manejo que a pesar de tener un nivel parcial de automatización, la manipulación de variables de proceso como la presión y número de compresores empleados afecta directamente ocasionando un incremento en el consumo de energía. La optimización de los programas de producción semanal afecta el consumo del indicador de energía ya que el equipo revisó los datos de comportamientos en los extremos identificando turnos de producción variables. Se identificó que después de los compresores de amoníaco en sala de fuerza, los compresores de aire son los de mayor consumo, el equipo de trabajo revisó que en varios de los meses registrados con mayor consumo se asociaban prácticas de utilización de aire para procesos de descarga de materia prima, así como de obras civiles que implicaban el uso de equipo neumático, por lo que se determinó establecer acciones para la identificación específica de dichas prácticas y proceder a definir qué es lo más conveniente.

Como se muestra en la siguiente Figura 3.20 al registrar los kilovatios utilizados por el sistema de Frío y comparar con los meses de aplicación del proyecto se obtienen los puntos de mejora que permitirán optimizar el consumo por horas.

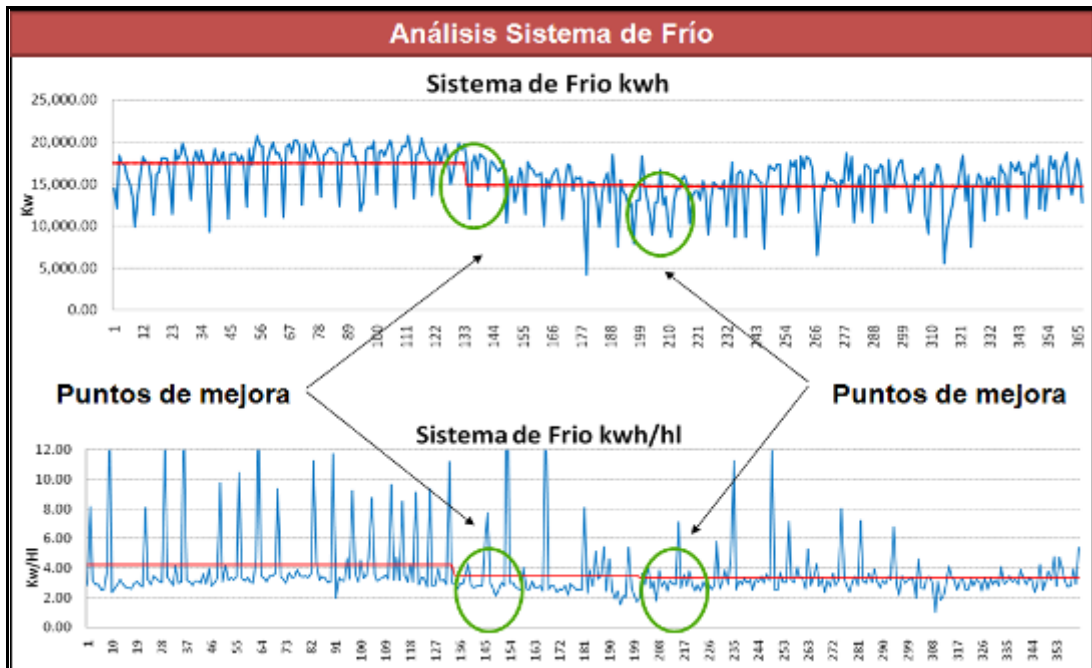


Figura 3.20. Análisis del Sistema de Frío<sup>101</sup>

Haciendo un análisis entre los datos anteriores y los datos actuales se puede evidenciar un ahorro en el consumo de energía de 1524 Kilovatios hora lo cual a su vez genera un ahorro en el área de mantenimiento y en la producción como se puede ver en la siguiente Figura 3.21 y en Tabla 3.17. [29]

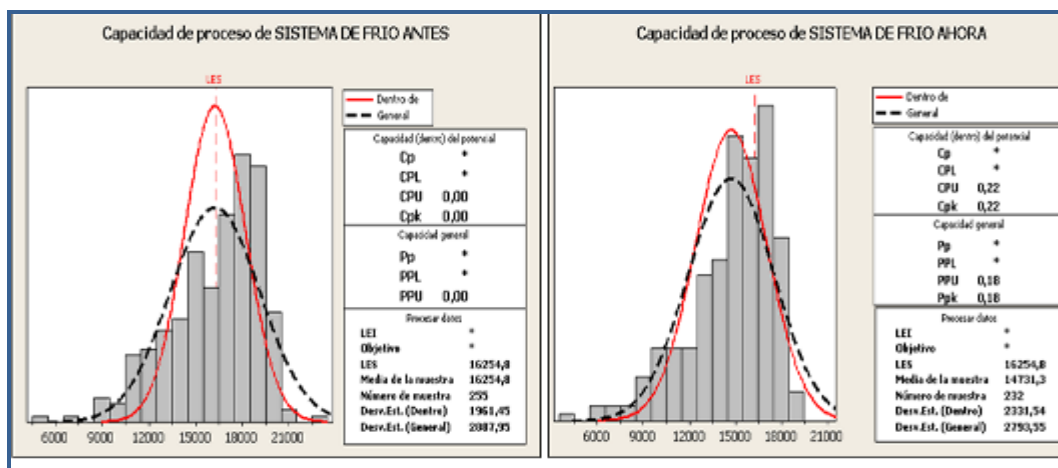


Figura 3.21. Análisis del Mantenimiento y Producción en el Sistema de Frío<sup>102</sup>

<sup>101</sup> Autor

<sup>102</sup> Autor

Media anterior kw	16255	Límite de Especificación Superior KW <b>16255</b>		
Media Actual kw	14731	Hectolitros producción CIP	Hectolitros producción Normal	Hectolitros en Mantenimiento
Kilovatios ahorro	1524	5054	5961	1252
Ahorro en el Indicador <u>kwh/hl</u>		0,301	0,255	1,17

**Tabla 3.17. Kilovatios Optimización del proceso de Arranque<sup>103</sup>**

### 3.1.5 CONTROLAR

La siguiente etapa de desarrollo en el proyecto consistió en las mejoras a implementar, después de haber medido y analizado pasamos a las fase de actuar proponiendo acciones que particularmente puedan revertir los resultados, por lo que se atiende cada una de las causas identificadas en la fase anterior, iniciamos con las causas del índice de consumo de energía eléctrica en las áreas de aire y frío.

Como una medida adicional a lo anterior se documentó en el procedimiento operativo el inciso específico que puntualiza cuales son las acciones a realizar para la optimización de los recursos y buen funcionamiento de los equipos.

Luego evaluaron los resultados de las acciones implementadas con anterioridad mediante evidencias que permitieron analizarlas grupalmente, para aceptarlas y sistematizar su empleo, o de no ser favorables descartarla. Se lleva control de arranques de operación y chequeo continuo Figura 3.22, del funcionamiento de los compresores de frío. Por turno de producción con los formatos que constan en el ANEXO E.

<sup>103</sup> Autor



**Figura 3.22. Toma de datos Compresores del Sistema de Frío<sup>104</sup>**

La etapa final en la metodología DMAIC Six Sigma corresponde a la presentación al equipo gerencial de los resultados obtenidos dentro del período de desarrollo, dicha presentación contiene los resultados del comportamiento que se observó, de las variables durante el tiempo del proyecto, pero que soportado con el análisis de causas plantea un impacto favorable en el indicador y se confirmará con el seguimiento del periódico Kaizen el cual una vez que se actualice permitirá establecer el verdadero impacto, situación que este estudio llevó hasta tres meses posteriores a su realización.

En ésta etapa se muestran los accesos al sistema de documentación de anomalías los cuáles se realizan avisos de mantenimiento en el software SAP que posee la cervecería para describir a detalle las anomalías detectadas en el área, como por ejemplo reportar condiciones incorrectas en la red de distribución de aire.

Se presentaron las lecciones de un solo punto redactadas por el equipo para facultar el proceso de secuencia de selección de compresores como parte del criterio empleado por los operadores para definir una selección adecuada y económica que garantice resultados en el proceso minimizando el consumo de energía. También se muestra en ésta presentación los controles visuales implementados de los equipos de

---

<sup>104</sup> Autor

compresión de amoniaco realice la selección más adecuada a las condiciones del proceso logrando optimizar el consumo de energía.

*“Las lecciones de un solo punto es una herramienta para compartir conocimiento en el grupo o por toda la empresa el objetivo es comunicar o estandarizar buenas prácticas, resolver problemas, documentar mejoras, desarrollar habilidades de los operarios”*.<sup>105</sup>

El cierre del proyecto representa el inicio del seguimiento de todas las acciones implementadas para poder establecer la efectividad de las mismas en relación directa al comportamiento de la variable a evaluar en la Cervecería Nacional. En ésta fase se desprende el compromiso del líder para dar el seguimiento y actualización de la información que se obtendrá posteriormente.

### **3.2 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN, EN LAS ÁREAS DETECTADAS**

Para poder registrar datos para el análisis respectivo y la información se escogieron las áreas críticas como son el Sistema de Frío y el Sistema de Aire registrando su consumo en Kilovatios hora en cada fase del proyecto.

#### **3.2.1 ROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN SISTEMA DE FRÍO**

Se iniciará por el Sistema de Frío dividiendo la recolección en periodos de tiempo como se ve en la siguiente Figura 3.23:

---

<sup>105</sup> <https://polimedia.upv.es/visor/?id=8f03abdb-6f75-ed4a-9b5f-313df3d52342>

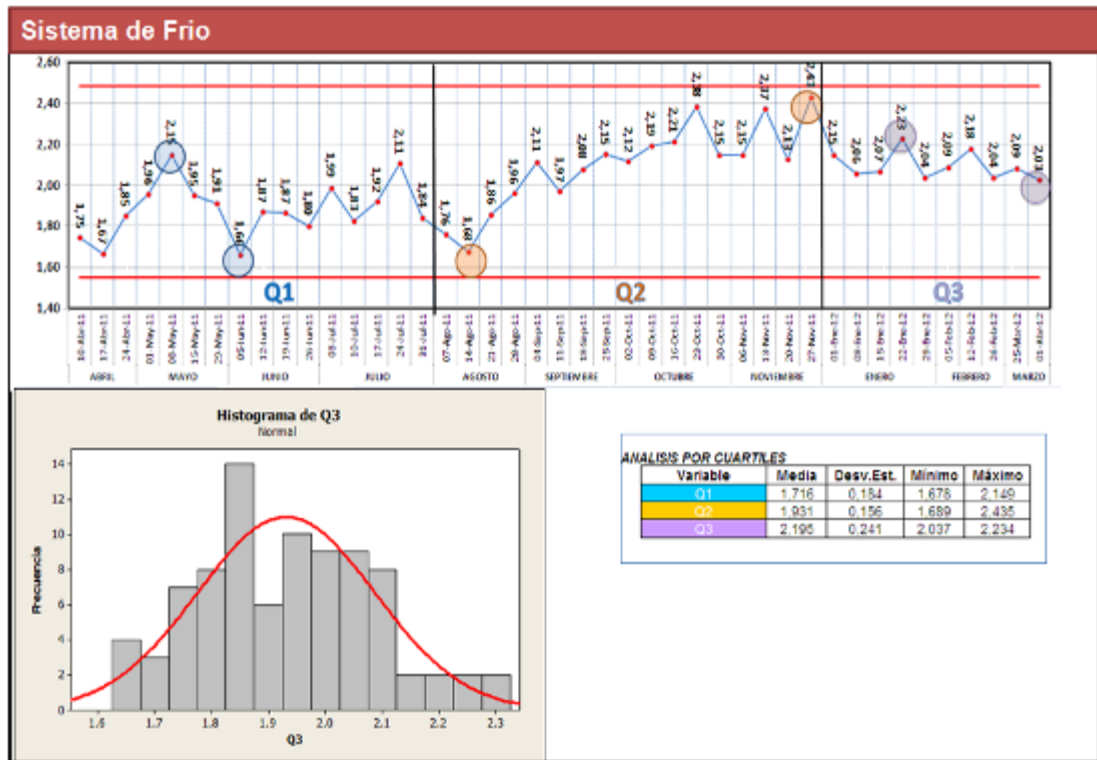


Figura 3.23. Procedimiento en el área del Sistema de Frío<sup>106</sup>

Como se ve en el cuadro anterior en cada periodo de análisis se registra el mínimo y máximo de consumo para sacar la media y observar la desviación estándar como se ve en el Histograma del último periodo que la media se registra en 2.1 teniendo una desviación estándar alta entre el máximo y la media de consumo. Al realizar la implementación del proyecto en el último periodo, es decir en el Q3 se obtuvieron las siguientes respuestas realizando el cambio sugerido en la parte de implementación cambiando el modo de succión, que trabaja en una presión en el sistema de 23 PSI, lo que se deriva en una exigencia alta de los compresores para poder bajar la presión, después del análisis respectivo se trabaja en una presión de succión en el sistema de 28 PSI, se obtiene un menor régimen de trabajo de los compresores con la optimización de horas de trabajo de los mismos, Figura 3.24:

<sup>106</sup> Autor

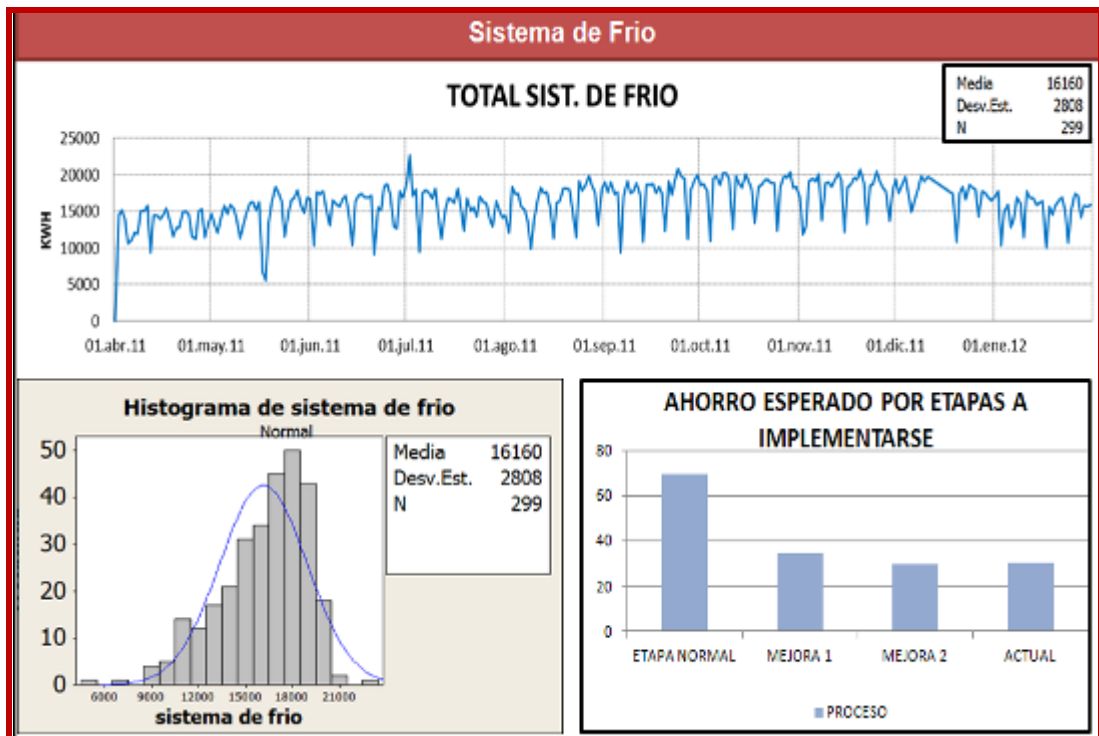


Figura 3.24. Ahorro esperado del Sistema de Frío<sup>107</sup>

### 3.2.2 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN SISTEMA DE AIRE

Al realizar el mismo proceso en el sistema de aire estratificándolo por los compresores de aire existentes en la planta, extrayendo los datos de placas nominales de equipos y midiendo los parámetros de eléctricos en modo normal se obtuvo:

El análisis del sistema de aire lo cual se lo estratifico por compresores y por capacidad instalada y capacidad que se encuentra trabajando.

Las mejoras a implementar para el índice de consumo de energía en relación a la causa de niveles de refrigeración se concentró en las operaciones de control de presión con un nivel de automatización relativo, ya que la utilización de los equipos de compresión queda a discreción del operador, por lo que su selección en función a la capacidad y disponibilidad compromete en ocasiones una mayor demanda de energía, por lo que se elabora una lección de un solo punto para el establecimiento de la secuencia de selección para la operación basada en prioridades de consumo-demanda como se muestra en la Figura 3.25.

<sup>107</sup> Autor



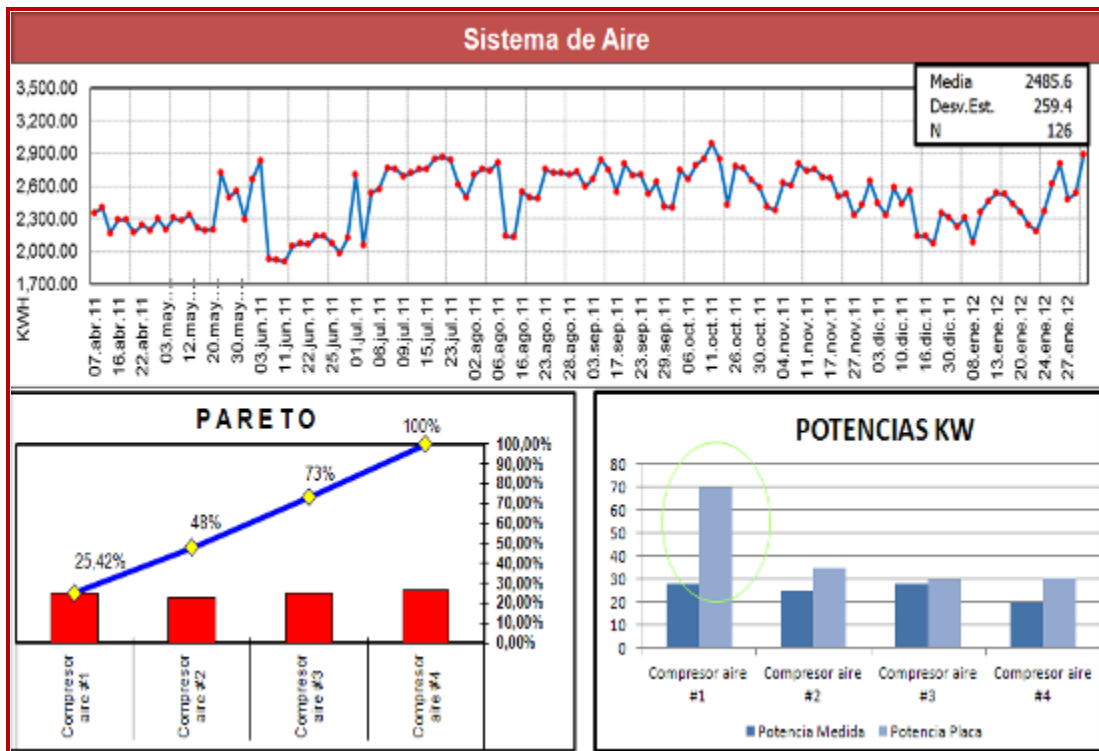


Figura 3.25. Procedimiento en el área del Sistema de Aire<sup>108</sup>

Para atender las demandas adicionales de aire comprimido en el sistema de distribución y ocasiona que los compresores de aire trabajen adicionalmente consumiendo más energía eléctrica se implementó las modificaciones para formalizar la utilización de equipos generadores portátiles, también la documentación en el sistema para la identificación de sistemas de fugas y demandas de aire altas para dar el seguimiento puntual en los puntos de distribución de la red neumática.

<sup>108</sup> Autor

### **3.2.3 ACCIONES TOMADAS**

En el sistema de Frío se tomaron las siguientes acciones:

- Se realiza un seguimiento de la variación de la presión en la succión.
- Se realizan revisiones continuas de cada punto de trabajo en funcionamiento.
- Se mejora la productividad cambiando el sistema de control con seguimiento y factibilidad.

En el Sistema de Aire se tomaron las siguientes acciones:

- Se realiza un seguimiento continuo de los consumos de energía en condiciones anormales de funcionamiento.
- Se revisa cada punto de presión.
- Se mejora la eficiencia del compresor #4 que generaba inconvenientes.
- Se mejora la operatividad en el sistema de control con seguimiento y factibilidad.

#### **3.2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Las principales ventajas de esta optimización es las disminución del uso de energía por parte de los compresores, así como la disminución de la frecuencia de mantenimiento al disminuir horas de trabajo del compresor, de igual forma se optimiza el trabajo de los enfriadores de la bodega de frío.

Las desventaja principal es el requerimiento de un seguimiento más proactivo y minucioso del sistema ya que los enfriadores son los más susceptibles a los cambios de presión de succión lo que podría generar un problema.

### **3.3 CONTINGENCIAS AL MANEJO DE ANORMALIDADES DETECTADAS EN LOS PROCESOS.**

Los principales problemas detectados se evidencian en las siguientes categorías:

- Medio Ambiente
- Materiales
- Métodos
- Maquinarias
- Recurso Humano

#### **3.3.1 MEDIO AMBIENTE**

Mantener la Salud ocupacional de los trabajadores es necesario realizar una evaluación de los factores de riesgos que se pueden encontrar en el área de trabajo mediante la observación en la planta de Cervecería Nacional se pudieron detectar factores de riesgo físicos ambientales los cuales afectan directamente a la salud, desempeño y productividad del personal, así como a los equipos.

La principal anomalía encontrada fue la variación de la temperatura del ambiente por lo cual se propuso la regulación de la misma por medio de la instalación de aires acondicionados con el fin de que la planta mantenga una sola temperatura a lo largo de todo el horario de trabajo.

#### **3.3.2 MATERIALES**

Los materiales con los que se trabaja son de vital importancia para el manejo de cada uno de los procesos dentro de la planta, por lo cual se recomienda realizar un estudio de calidad a cada material ofrecido por los proveedores antes de aprobar la compra, con el fin de evitar daños en el proceso y establecer cláusulas en los contratos de

compra, que permitan a la compañía delegar responsabilidades a las empresas proveedoras en causas de daños por la calidad del material.

### **3.3.3 MÉTODOS**

Como se pudo evidenciar en los Sistemas de Aire y Frío los métodos de calibración y control de niveles suelen ser mal manejados por parte de los operarios para lo cual se sugiere la capacitación continua en el manejo de cada uno de estos problemas con el fin de ahorrar tiempos en mantenimiento.

### **3.3.4 MAQUINARIAS**

En el ahorro de la energía se ve conjuntamente el uso de las maquinarias en esta rama se sugirió en la metodología DMAIC realizar algunos cambios en la presión de succión así como regularización de las temperaturas en el área de enfriamiento por lo cual se debe monitorear cada área en caso de que los cambios realizados generen alguna clase de inconvenientes por la susceptibilidad del sistema para lo cual el equipo de mantenimiento debe tomar las medidas respectivas con el fin de no parar la producción.

### **3.3.5 RECURSO HUMANO**

El recurso humano es el principal factor de los inconvenientes encontrados por lo cual se debe realizar un cronograma de capacitación y mantener las reuniones de planificación semanal con el fin de que el personal sea consciente de cada uno de los procesos y maquinarias que maneja, así como la optimización de los recursos con los que trabaja, ya que a mayor ahorro de la empresa, mayores son las utilidades recibidas.

### 3.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.

Una vez propuestas las acciones a tomar en cada uno de las áreas detectadas en la metodología DMAIC y habiendo hecho el análisis de la repercusión de cada uno así como las pruebas que aseguran el ahorro de energía, la optimización del tiempo y los recursos de la empresa se sugiere a la compañía continuar con la implementación en toda las areas de la planta tomando en cuenta cada uno de las áreas que repercuten en el ahorro de energía eléctrica siguiendo los siguientes pasos, Figura 3.26:



Figura 3.26. Plan de implementación<sup>109</sup>

#### 3.4.1 PLANIFICACIÓN

Al realizar una mejora continua se requiere que el personal revise continuamente el enfoque del proyecto así como un empoderamiento de la visión de la empresa que es “Ser la compañía más admirada del Ecuador” para lo cual se requiere que toda la empresa se convierta en una empresa esbelta con sistemas integrados, una mejora continua y un personal comprometido y capacitado para su función. Esta fase dura un aproximado de una semana y consiste en los siguientes pasos Tabla 3.18:

<sup>109</sup> <http://www.osii.com/es-la/services/index.asp>

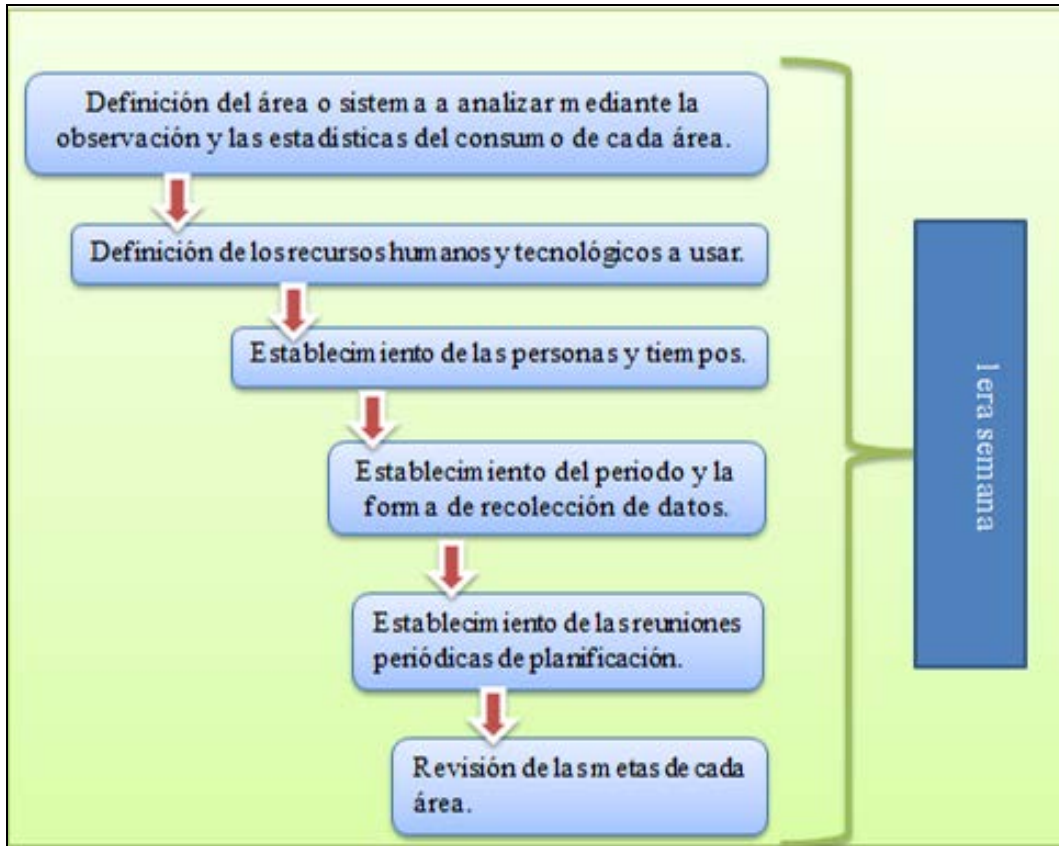


Tabla 3.18. Proceso de Planificación<sup>110</sup>

### 3.4.2 DISEÑO

Se propone documentar cada evento realizado con el fin de realizar un diseño funcional de mejora continua que permita a la compañía realizar los cambios necesarios para cada área, de la misma forma los cuadros de control diseñados en la metodología DMAIC requieren ser probados continuamente para revisar su funcionabilidad en el área y realizar las debidas modificaciones en caso de ser necesario en la continuidad del proyecto se propone seguir los siguientes pasos ya probados en la implementación del presente proyecto Tabla 3.19:

<sup>110</sup> Autor

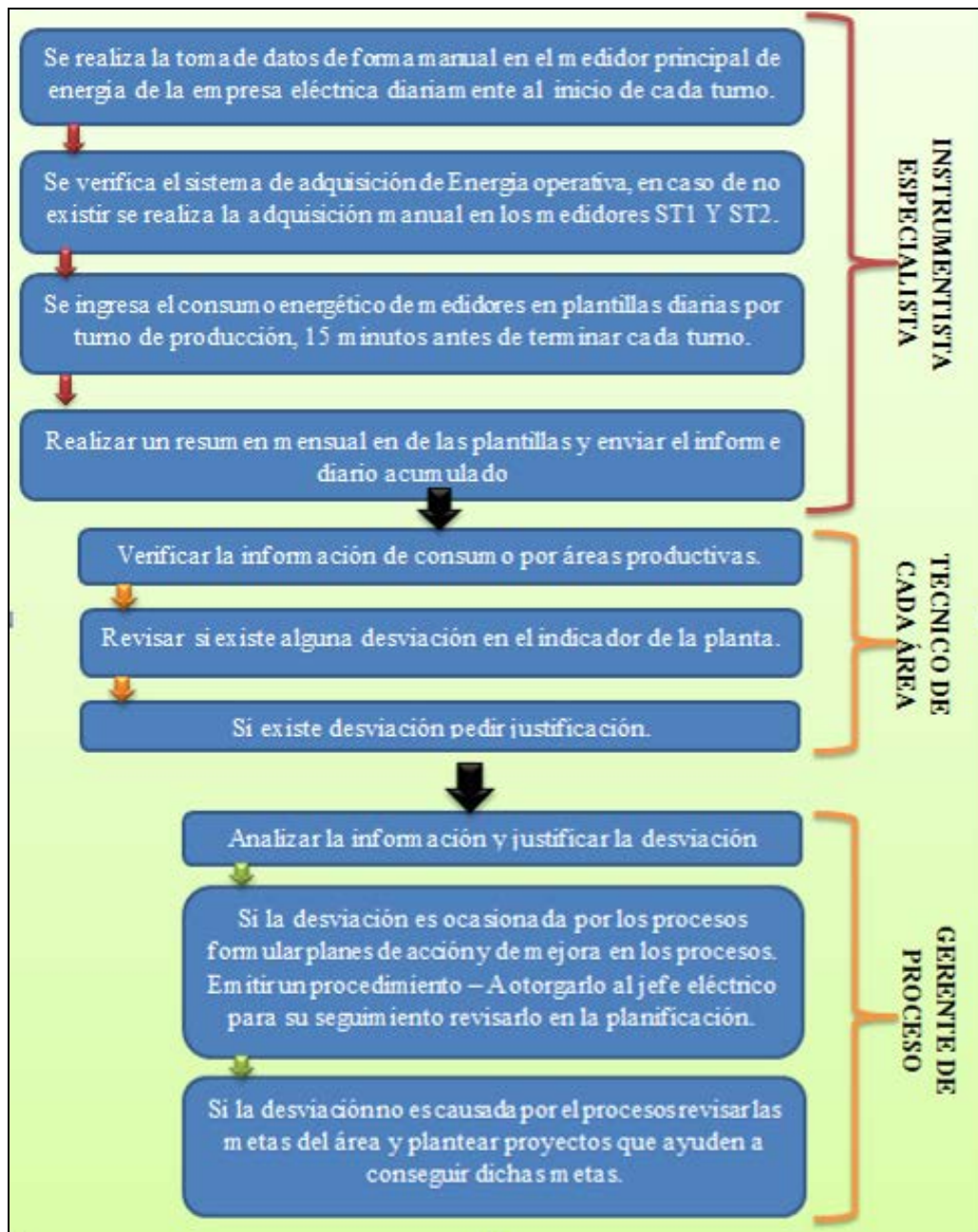


Tabla 3.19. Pasos Implementación<sup>111</sup>

La más importante porque requiere la revisión de los sistemas de Hardware y Software de cada maquinaria para su correcta calibración, de la misma manera requiere la implementación de un cronograma de capacitación Tabla 3.20, del personal en:

<sup>111</sup> Autor

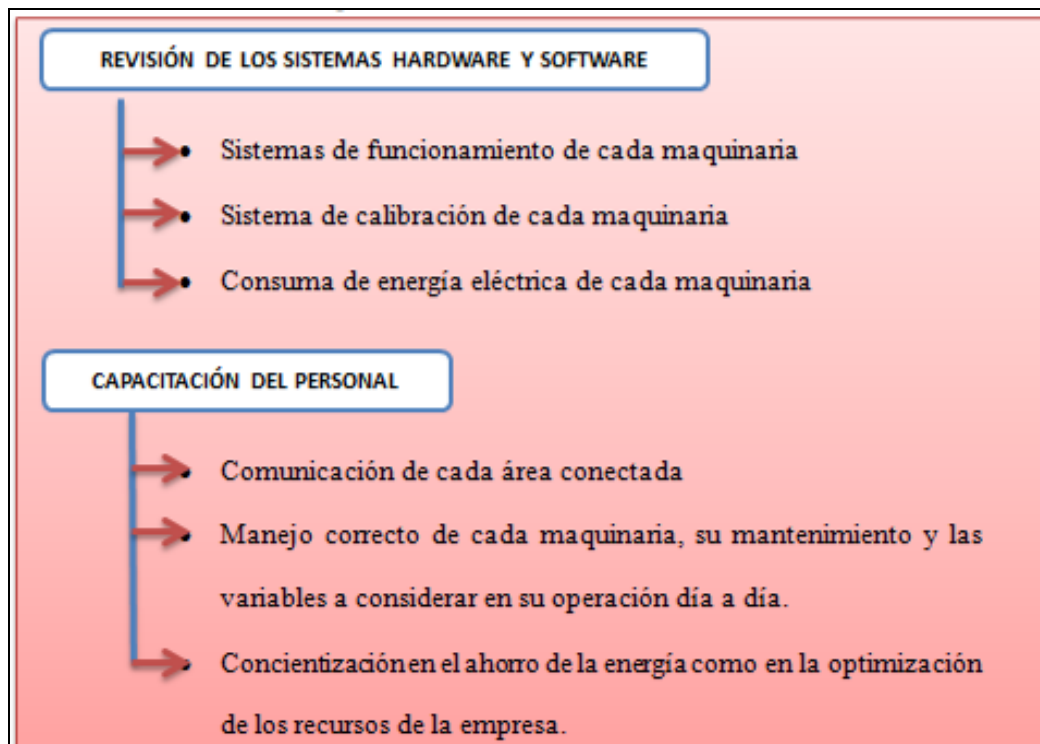


Tabla 3.20. Proceso de Implantación<sup>112</sup>

### 3.4.3 VALIDACIÓN

Para comprobar que los pasos anteriores surgen efecto se propone a la empresa realizar controles continuos para supervisar la mejora de las áreas y detectar nuevos hallazgos que permitan mejorar cada día los sistemas, para ello se propone:

- Seguir con el sistema de pruebas en diferentes corridas del día
- Comparar estadísticamente el desenvolvimiento semanal de cada área.
- Verificar las planillas de consumo de energía eléctrica para verificar la repercusión que se tiene en cada área.

---

<sup>112</sup> Autor



### **3.4.4 COMISIÓN**

La compañía debe optar por delegar una comisión o equipo Six Sigma que supervise, vele y analice cada área de la empresa vigilando que las mejoras perduren en el tiempo, así como sugiriendo nuevas formas de optimización siguiendo los siguientes pasos:

- Establecer el personal que se requiere en cada área
- Delegar funciones al personal y designar que rol del equipo va a cumplir
- Entregar los recursos físicos necesarios para realizar el control
- Revisar los datos obtenidos en las reuniones de planificación continua.
- Registrar las sugerencias de como optimizar el proceso, analizarlas e implementarlas de ser las óptimas.

### **3.4.5 TRANSICIÓN**

Cada fase realizada en el sistema de mejora continua requiere un buen manejo de transición para manejar no solo la cultura empresarial, sino también la susceptibilidad del sistema para lo cual cada cambio requiere un proceso de transición en el que se debe vigilar cautelosamente el cambio realizado y verificar el comportamiento del área ante el mismo para evitar y anticipar posibles inconvenientes que se puedan hallar en el futuro. De la misma forma es importante analizar la repercusión que se tiene en las otras áreas al momento de realizar los experimentos para el ahorro en cada área con el fin de no tener una mala repercusión, que en lugar de beneficiar a la empresa con el ahorro de energía, tenga efectos contrarios.[23]

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISIS TARIFARIO

Como se puede observar el ANEXO F se toma en cuenta la facturación de agosto del 2011 a comparación con agosto del 2012 donde se puede visualizar una reducción de \$ 4.064,28 con lo cual después del proyecto se ve reflejado el ahorro del consumo de energía eléctrica, también se puede observar en la factura de agosto del 2012 en los datos de información de consumo, el gráfico de barras donde se muestra la disminución del consumo de energía, lo que no sucede con la demanda donde se presenta variabilidad mostrado en la planilla de facturación. En la Tabla 4.1 se observa la facturación desde abril del 2011 a diciembre del 2011 con un promedio de facturación igual a \$ 76.761,04 y luego se observa desde enero del 2012 a octubre del 2012 un promedio de facturación \$71.057,32 con las implementaciones realizadas en las áreas detectadas se puede establecer un ahorro promedio de \$ 5.703,72.

FACTURACIÓN EEQ CN.		PROMEDIO
<b>2011</b>	ABRIL	\$ 73.266,62
	MAYO	\$ 73.229,48
	JUNIO	\$ 72.853,38
	JULIO	\$ 79.367,20
	AGOSTO	\$ 78.840,18
	SEPTIEMBRE	\$ 78.325,19
	OCTUBRE	\$ 77.539,16
	NOVIEMBRE	\$ 78.653,76
	DICIEMBRE	\$ 78.774,43
		\$ 76.761,04
<b>2012</b>	ENERO	\$ 78.075,97
	FEBRERO	\$ 66.649,69
	MARZO	\$ 63.141,63
	ABRIL	\$ 70.033,66
	MAYO	\$ 74.086,88
	JUNIO	\$ 74.214,58
	JULIO	\$ 74.222,54
	AGOSTO	\$ 74.775,90
	SEPTIEMBRE	\$ 69.233,32
	OCTUBRE	\$ 66.139,00
		\$ 71.057,32

**Tabla 4.1. Facturación Planilla Eléctrica 2011-2012 C.N.**<sup>113</sup>

---

<sup>113</sup> Autor

Y gráficamente el comportamiento de consumo de energía a través del tiempo se muestra en la Figura 4.1 destacando el ahorro lo cual nos muestra que con la colaboración del equipo Six Sigma se puede llegar a establecer optimización de procesos y por ende ahorro de energía por cada una de las áreas que conforman la Cervecería Nacional.

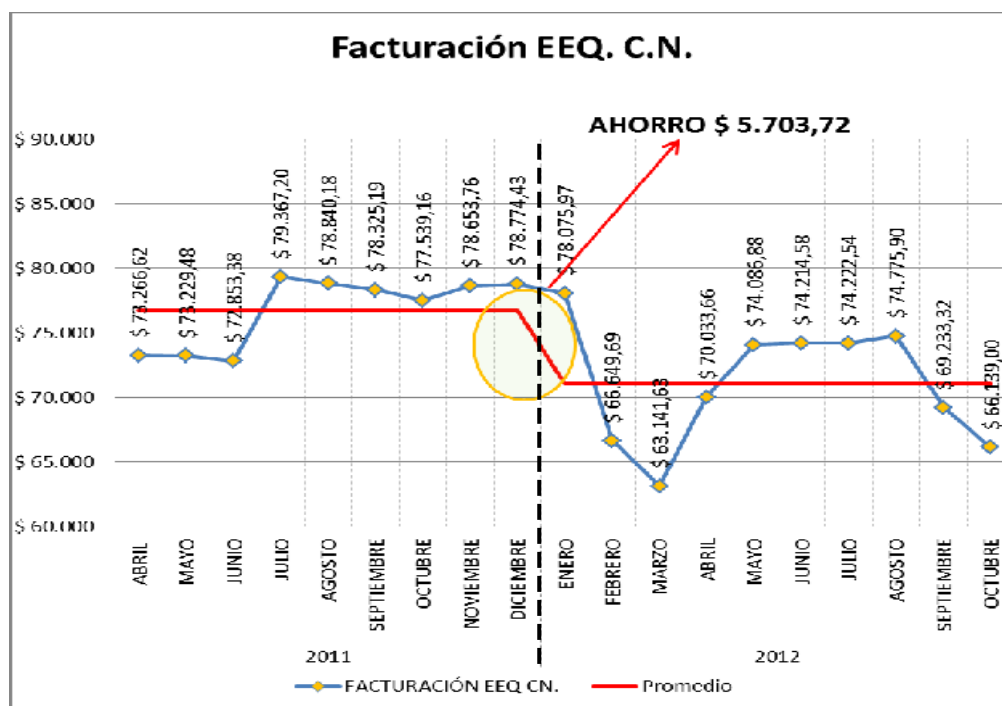


Figura 4.1. Tarifa Planilla Eléctrica<sup>114</sup>

## 4.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO PERSONAL

El apoyo del personal al momento de participar en el proyecto se formó de dos partes: uno como grupo de Six Sigma y otro grupo que conforma el personal de Cervecería Nacional en los diferentes procesos. Lo que fue positivo concentrándose cada uno en su tarea asignada, al principio se generó dudas y expectativas en cuanto a que se requería la información específica de cada área por lo cual se implementó un curso de capacitación en el que se logra la participación y comunicación entre los miembros del equipo y los miembros de la compañía. [26]

<sup>114</sup> Autor

La cultura del personal fue exitosa cumpliéndose un ciclo de identificación, empoderamiento y un análisis multidisciplinario que lleva la compañía por formar parte de una estrategia de Manufactura de Clase Mundial al manejo de herramientas que se cumplieron en las etapas que se llevó a cabo el proyecto de ahorro de energía como se muestra en la siguiente Figura 4.2.



Figura 4.2. Ciclo del trabajo en Equipo<sup>115</sup>

#### 4.2.1 EL PERSONAL - CLAVE PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Al inicio del proyecto se realizó la selección del personal que estaba apto para participar en el proyecto por ende el compromiso de cada uno cumplía una función importante del mismo, mientras que en el avance del estudio se determinó que en algunos de los problemas se evidenció la falta de comunicación entre áreas que era muy constante por parte de operación en producción y la falta de planificación para el día de mantenimiento en cada una de las áreas como son embotellado, elaboración y servicios auxiliares de la misma manera no se contaba con procedimientos estandarizados porque cada uno de los operadores se manejaba bajo su experiencia y

<sup>115</sup> Autor

un desconocimiento de los procesos que consumen más energía eléctrica dentro de su área y procesos.

Después de logrado una concientización del consumo de energía se incentiva a la gente para su reporte de inmediato de anomalías en cada uno de los procesos y saber que la buena operación repercute de manera directa en el indicador de energía.

Es fundamental y clave en este proyecto el involucramiento y participación activa de todo el personal, siendo por tanto aplicable a los procesos de todas las áreas que conforman la empresa.

El mantenimiento basado en la operación y calidad permite a los miembros del equipo tomar responsabilidad y propiedad completa sobre un proceso entero. La aplicación de las mejores prácticas se ve reflejada en las reuniones previas al inicio del turno para revisar el desempeño de la línea y otros problemas de trabajo para tratar los acontecimientos más relevantes sucedidos o los que queden pendientes también es importante la alineación y logro de proyectos que se refiere a los siguientes puntos donde se puede mejorar es:

- Mejorar Flexibilidad
- Cuidado de Activos y Mantenimientos
- Mejora de los procesos
- Control en la fuente realizado por los operadores
- Cada área de proceso es completamente responsable de sus funciones
- Los operadores son responsables de realizar sus propios chequeos de calidad
- Los operadores contribuyen al mantenimiento enfocando sus esfuerzos en la limpieza, lubricación y un buen manejo de equipo.

La implementación del proyecto va a permitir la toma de decisiones, resolución de problemas y responsabilidad en los niveles apropiados confiabilidad en los procesos a través de un enfoque de cuidado de activos, consistencia en la calidad y en los procesos, que se compone el personal de Cervecería Nacional Figura 4.3.



**Figura 4.3. Equipo Servicios Auxiliares Cervecería Nacional<sup>116</sup>**

Contando con la debida justificación del proyecto realizado cabe anotar que se tienen documentos de respaldo que avalen mi estudio realizado en la Cervecería Nacional ANEXO H.

### **4.3 ANÁLISIS DE POTENCIA CONSUMIDA EN KILOVATIOS HORA**

Al empezar el proyecto se registro el consumo de kilovatios hora como se muestra en la Tabla 4.2 con una tendencia de crecimiento y un promedio de 254830,16 KWh. en el consumo de energía en kilovatios hora Figura 4.4. Razón por la cual se aplicó un proyecto que ayude a reducir y mantener el consumo de energía eléctrica.

---

<sup>116</sup> Autor

DATA HISTORICA 2011-2012							
ABRIL	10-Abr-11	KWH	231600,00	SEPTIEMBRE	04-Sep-11	KWH	253993,00
	17-Abr-11	KWH	247200,00		11-Sep-11	KWH	254368,33
	24-Abr-11	KWH	241866,67		18-Sep-11	KWH	251333,33
MAYO	01-May-11	KWH	238743,00	OCTUBRE	25-Sep-11	KWH	269733,33
	08-May-11	KWH	252800,00		02-Oct-11	KWH	259733,33
	15-May-11	KWH	245333,33		09-Oct-11	KWH	267200,00
	22-May-11	KWH	217600,00		16-Oct-11	KWH	262933,33
JUNIO	29-May-11	KWH	255733,33	NOVIEMBRE	23-Oct-11	KWH	258266,67
	05-Jun-11	KWH	255200,00		30-Oct-11	KWH	266146,67
	12-Jun-11	KWH	247733,33		06-Nov-11	KWH	255720,00
JULIO	19-Jun-11	KWH	252400,00	DICIEMBRE	13-Nov-11	KWH	263733,33
	26-Jun-11	KWH	248933,33		20-Nov-11	KWH	266533,33
	03-Jul-11	KWH	263146,00		27-Nov-11	KWH	258813,33
	10-Jul-11	KWH	255866,67		04-Dic-11	KWH	282266,67
AGOSTO	17-Jul-11	KWH	254533,33	ENERO	11-Dic-11	KWH	271778,67
	24-Jul-11	KWH	245466,67		18-Dic-11	KWH	234505,67
	31-Jul-11	KWH	244533,33		25-Dic-11	KWH	249210,33
	07-Ago-11	KWH	250800,00		01-Ene-12	KWH	268293,00
	14-Ago-11	KWH	247200,00		08-Ene-12	KWH	252800,00
	21-Ago-11	KWH	256800,00		15-Ene-12	KWH	264666,67
	28-Ago-11	KWH	266445,67		22-Ene-12	KWH	262266,67
					29-Ene-12	KWH	263466,67

Tabla 4.2. Data Histórica 2011 -2012<sup>117</sup>

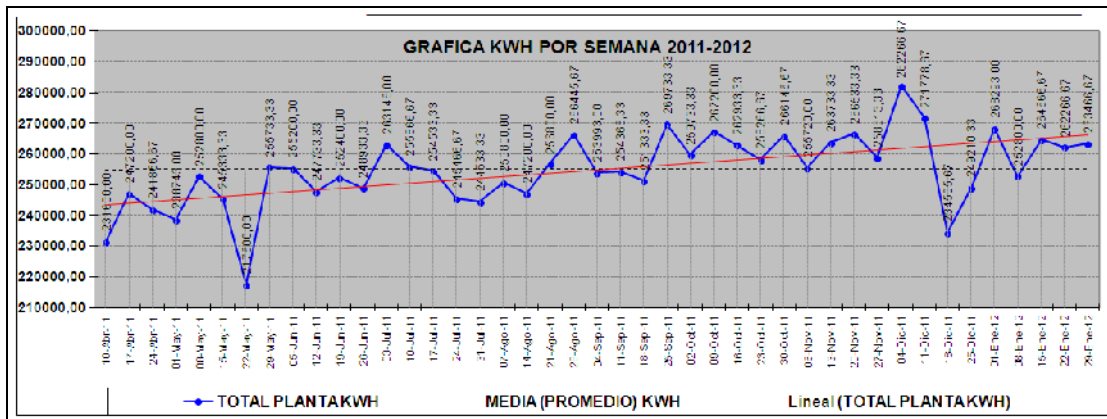


Figura 4.4. Gráfica de Corrida 2011-2012<sup>118</sup>

<sup>117</sup> Autor

<sup>118</sup> Autor

Luego de haber realizado el análisis semanalmente Tabla 4.3 y seguidamente el proyecto se puede establecer la estabilización de la tendencia, mi data después de implementado el proyecto tiene un promedio de 235238,64 KWh. del consumo de energía en kilovatios hora Figura 4.5.

DATA HISTORICA 2012						
FEBRERO	05-Feb-12	KWH	247960,00	JUNIO	03-Jun-12	247126,957
	12-Feb-12	KWH	250440,00		10-Jun-12	244067,26
	19-Feb-12	KWH	230933,33		17-Jun-12	246289,759
	26-Feb-12	KWH	253773,91		24-Jun-12	237288,696
MARZO	11-Mar-12	KWH	209487,768	JULIO	01-Jul-12	241092,174
	18-Mar-12	KWH	215289,333		08-Jul-12	245560
	25-Mar-12	KWH	256642,13		15-Jul-12	232440
ABRIL	01-Abr-12	KWH	248510,536	AGOSTO	22-Jul-12	232400
	08-Abr-12	KWH	242800		29-Jul-12	224200
	15-Abr-12	KWH	248933,333		05-Ago-12	254440
	22-Abr-12	KWH	232257,391		12-Ago-12	247480
MAYO	29-Abr-12	KWH	230809,275	19-Ago-12	242659,333	
	06-May-12	KWH	232995,445	26-Ago-12	240560	
	13-May-12	KWH	248610,955			
	20-May-12	KWH	248880,557			
	27-May-12	KWH	213986,087			

Tabla 4.3. Data Histórica KWh. 2012 C.N.<sup>119</sup>

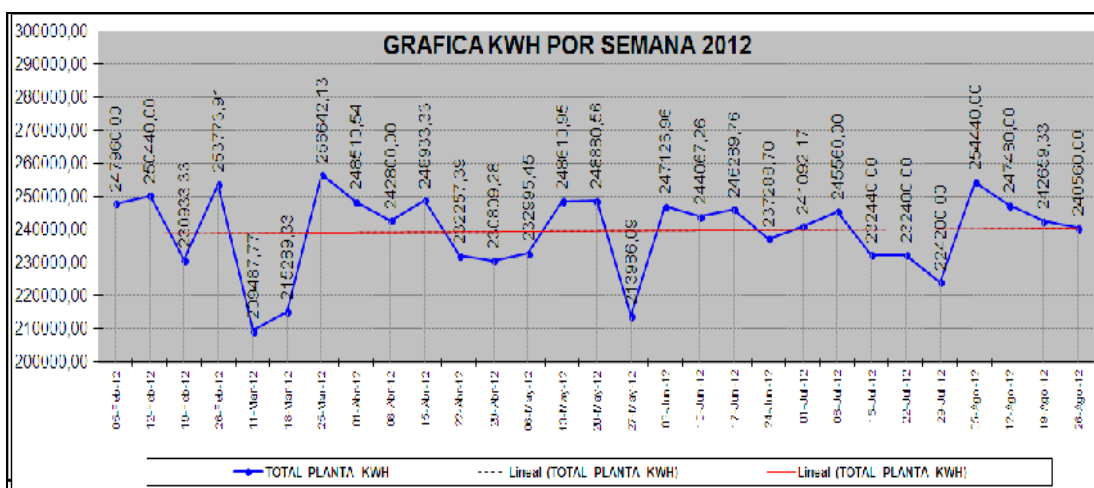


Figura 4.5. Gráfica de Corrida KWh. 2012<sup>120</sup>

<sup>119</sup> Autor

<sup>120</sup> Autor



### 4.3.1 ANÁLISIS EN DÍAS DE PRODUCCIÓN

La data histórica en los días de producción fue estratificado en base a la producción de cerveza por arriba de los 5000 hectolitros diarios y después de un análisis se llega a tomar en cuenta un consumo de energía promedio de 38089,53 KWh. lo cual se ve la variación en el consumo de energía y una tendencia en crecimiento de mi consumo como se ve en la siguiente Figura 4.6.

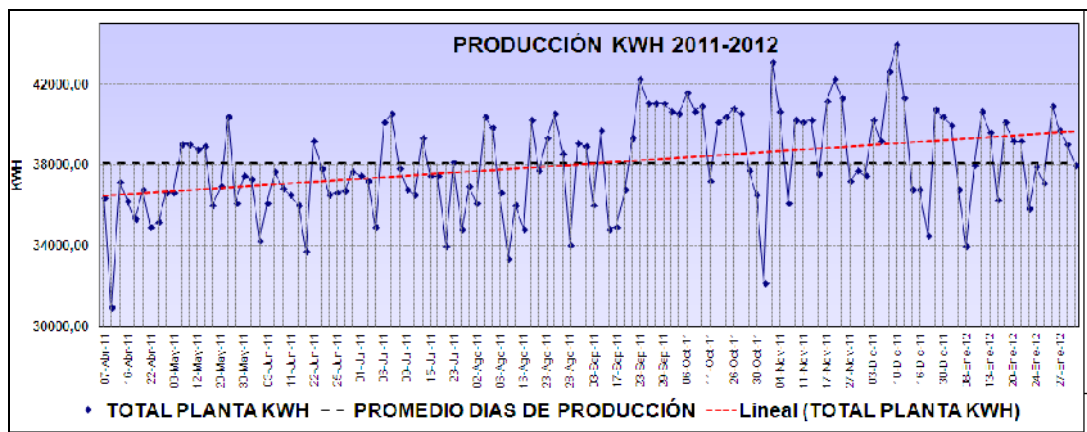


Figura 4.6. Kilovatios Hora Producción 2011-2012<sup>121</sup>

Y luego después de implementado el proyecto Six Sigma se puede observar en la Figura 4.7 como mi tendencia se encuentra en descenso con un promedio de energía de 35317,28 KWh. sabiendo que en muchas de las áreas hay más oportunidades de ahorro.

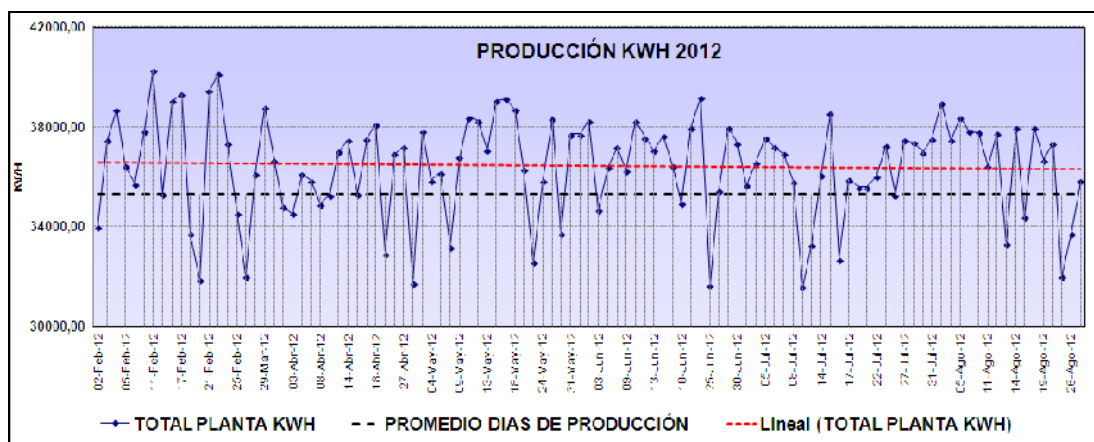


Figura 4.7. Kilovatios Hora Producción 2012<sup>122</sup>

<sup>121</sup> Autor

### 4.3.2 ANÁLISIS EN DÍAS DE MANTENIMIENTO

En los días de mantenimiento se estratifico por días que por lo general son los lunes donde para la producción de cerveza y realizan mantenimientos preventivos en cada uno de los procesos, el consumo es un poco menor llegando a un promedio de energía 30261,73 Kwh comprendida entre abril 2011 a febrero del 2012 como se ve en la siguiente Figura 4.8:

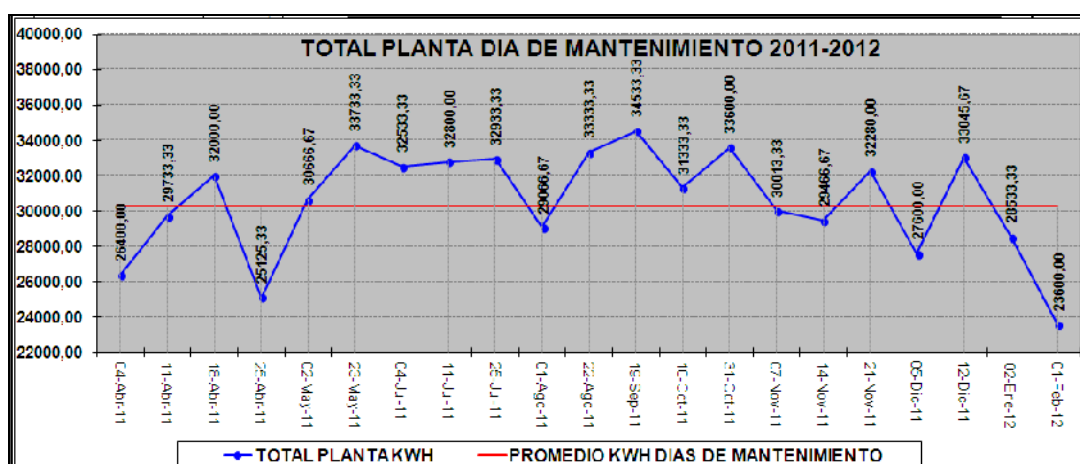


Figura 4.8. Kilovatios Hora Mantenimiento 2011-2012<sup>123</sup>

Con la aplicación de la mejora continua se logró acercarse a la meta en los campos que generaban mayor consumo de energía lo que logro regularizar y optimizar el consumo en las áreas de prueba con lo que se debe aplicar a toda la planta con el fin de que el ahorro en planilla sea considerable, Se establece un consumo de energía promedio 24427,69 KWh comprendido entre febrero a agosto del 2012, también otra de las observaciones es que todavía existe variación en la energía consumida en los días de mantenimiento y por ende hay oportunidades para el ahorro de energía la cual se muestra en la siguiente Figura 4.9.

<sup>122</sup> Autor

<sup>123</sup> Autor

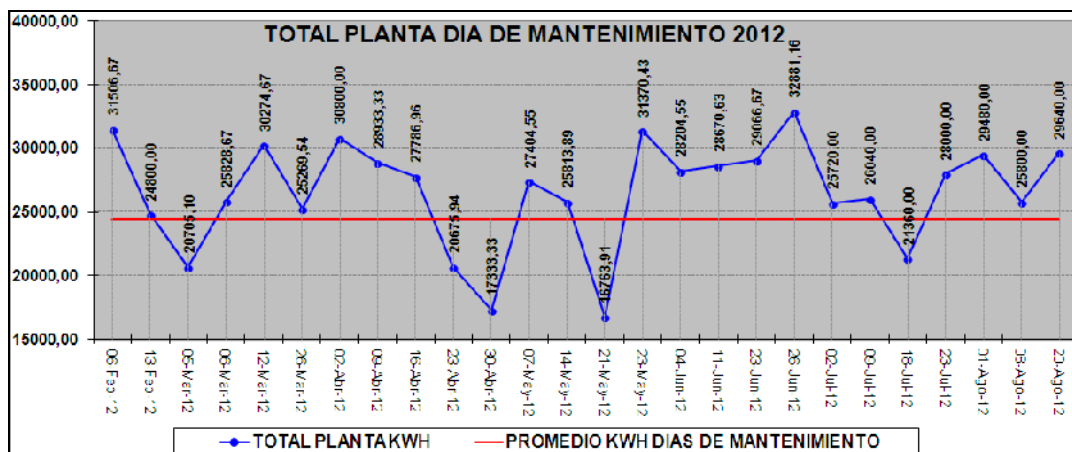


Figura 4.9. Kilovatios Hora Mantenimiento 2012<sup>124</sup>

#### 4.4 ANÁLISIS GLOBAL DEL AHORRO DE ENERGÍA EN CERVECERÍA NACIONAL

Como se puede ver el ahorro se evidencia desde febrero, sin embargo no es significativo en comparación a meses anteriores debido que los cambios se realizó solo en el sistema de frío y de Aire, si se aplicará a toda la planta la optimización en ahorro de energía sería superior lo que significaría un ahorro en el presupuesto lo que podría evitar como ahorro de tiempo en los periodos de mantenimiento y producción como se puede ver en el análisis siguiente.

##### 4.4.1 ANÁLISIS EN DIAS DE MANTENIMIENTO

Como se puede observar estratificado en los días de mantenimiento es donde se tiene la mayor repercusión tomando en cuenta los datos anteriores en la medición se tenía un promedio 28,26 kwh/hl, para cumplir la meta de 23,95 kwh/hl, al implementar el proyecto y ser conscientes del ahorro se obtuvo el promedio de 11,94 kwh/hl el cual está mucho más bajo que la meta lo que evidencia el cumplimiento de los objetivos de comunicación entre áreas y del correcta planificación entre área de mantenimiento y producción de cerveza se puede observar en la Figura 4.10:

<sup>124</sup> Autor

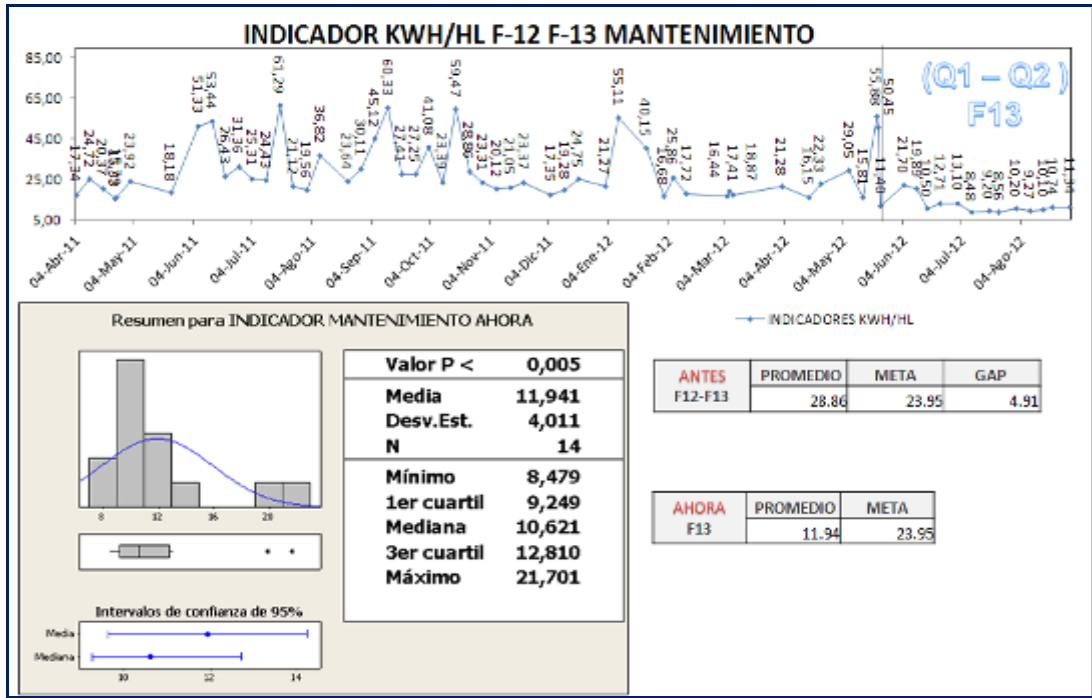


Figura 4.10. Análisis en días de Mantenimiento<sup>125</sup>

Como se evidencia basándonos en la Figura 4.11 la Capacidad proceso en los días de mantenimiento era anteriormente un  $CPK = -0,15$  negativo dando en la actualidad un valor positivo de  $mi Cpk = 1,69$  este valor significa que el CPK encontrándose en un valor entre 1 y 2 lo que significa un proceso adecuado o capaz. Este dato se ve reflejado en la comunicación y planeación estratégica del día de mantenimiento los días lunes que normalmente se lo realiza en las áreas que está formado la Cervecería Nacional.

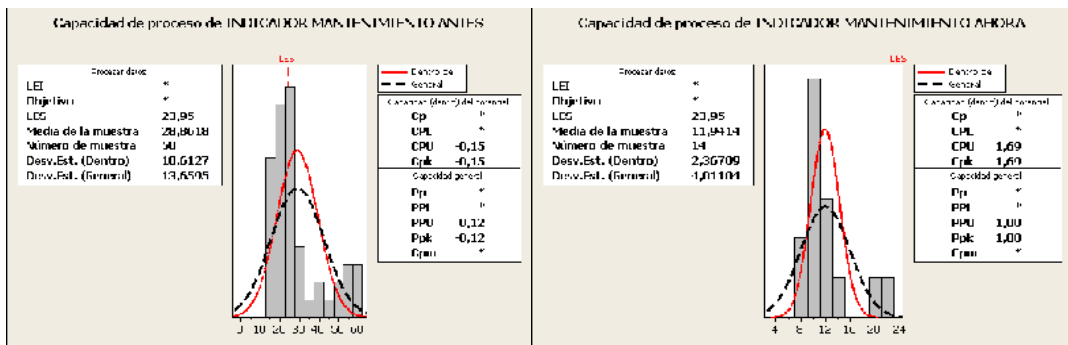


Figura 4.11. Capacidad de Proceso Indicador de Mantenimiento<sup>126</sup>

125 Autor

126 Autor

#### 4.4.2 ANÁLISIS EN DIAS DE PRODUCCIÓN

En el proceso de estratificación en los días de producción se logró acercar al promedio por lo que se tiene dos factores muy importantes de mi indicador que es kilovatios hora sobre hectolitros de cerveza de tal manera que mi promedio anterior era 6,88 kwh/hl y luego de la implementación se obtuvo un promedio de 6,75 kwh/hl por ende nos acercamos a la meta que era 6.44 kwh/hl, otro punto importante es mi distribución donde se destaca que mi valor de  $P = 0,005$  donde mi curva es no normal por ende falta trabajar en optimizar procesos que se encuentran formando parte de procesos en los días de producción, Figura 4.12

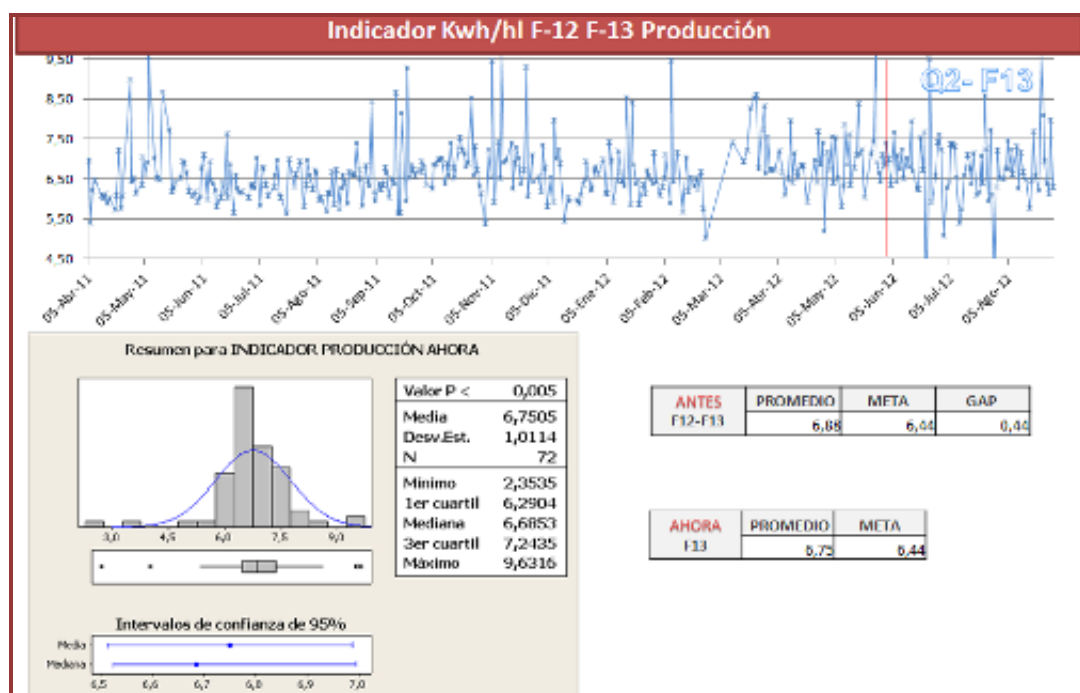


Figura 4.12. Análisis en Producción<sup>127</sup>

Luego se evalúa mi análisis de capacidad de proceso donde se concluye en los días de producción se obtuvo un CPK anterior de -0,25 a un valor después de la implementación de -0,11 es decir se redujo en 14 puntos porcentuales y se destaca que todavía mi proceso no es capaz y se tiene que realizar proyectos por áreas que ayuden a mejorar mi CPK como se ve en la siguiente Figura 4.13:

<sup>127</sup> Autor

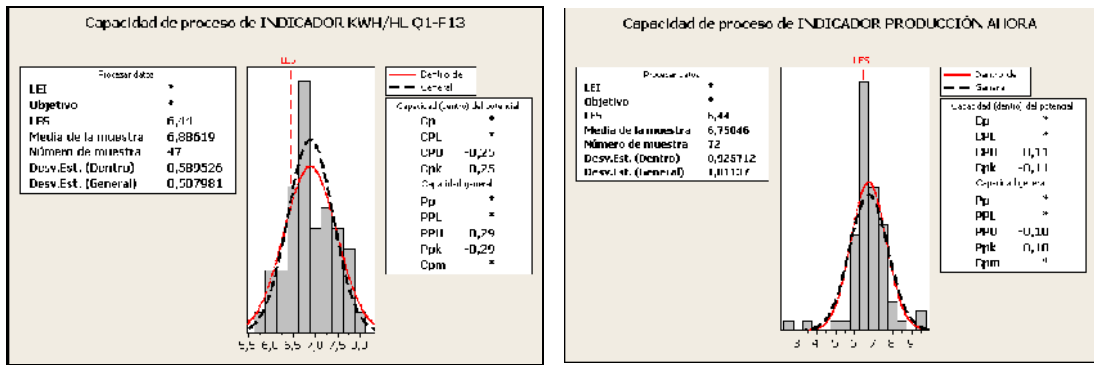


Figura 4.13. Capacidad del Proceso Indicador en Producción<sup>128</sup>

### 4.4.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PLANTA

Como se puede ver el indicador a nivel planta para lograr la meta deseada era de 7,04 Kwh/Hl al realizar el proyecto se logró una disminución de este intervalo a 7,06 Kwh/hl lo que indica que se logro un 72% de la meta especificada en el promedio de consumo como se ve en los siguientes Figuras 4.14 y adjuntando la data ANEXO G obtenida a nivel planta, en la Figura 4.15 se obtiene un resumen el cual se puede visualizar que mi valor de P = 0,753 lo cual indica que mi curva es normal bajo el concepto de Anderson Darling. [29]

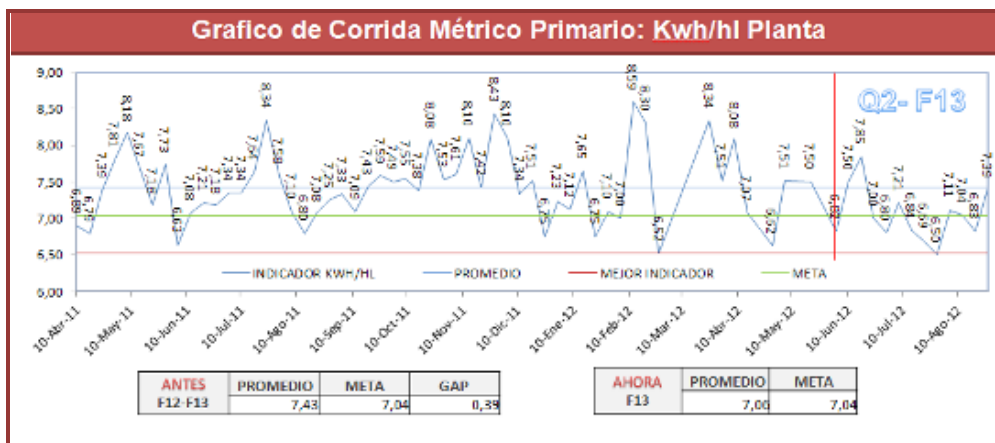


Figura 4.14. Análisis Indicador Planta Quito<sup>129</sup>

<sup>128</sup> Autor

<sup>129</sup> Autor

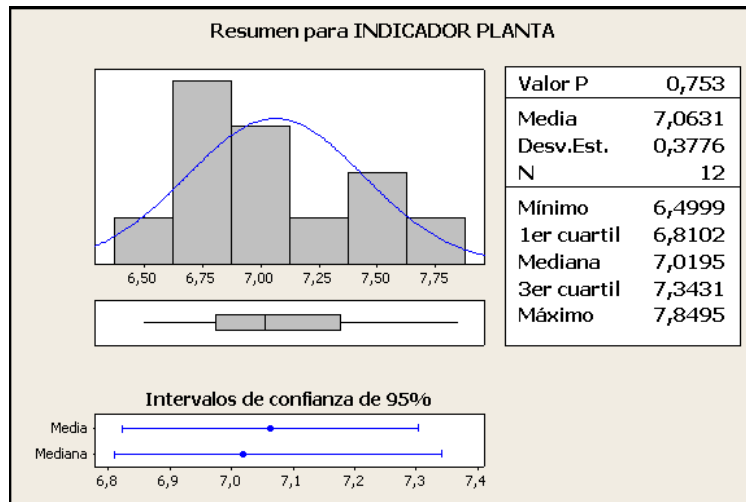


Figura 4.15. Resumen de la Capacidad de la Planta<sup>130</sup>

El análisis de capacidad de planta antes de realizar el proyecto tenía un  $CPK = -0,29$  y después del mismo se representa un  $CPK = 0,32$  lo cual nos indica que mejoramos respecto a lo que se encontraba pero falta de trabajar muchos de las áreas que forman parte de la misma por encontrarse en el valor menor a 1 lo que se puede concluir que nuestro proceso a nivel planta mirándole desde el punto de vista como indicador de energía no es capaz o adecuado. Figura 4.16. [27]

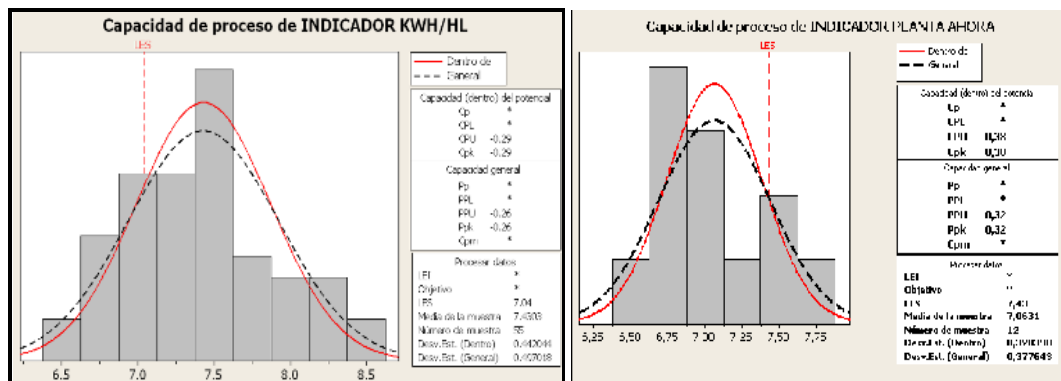


Figura 4.16. Capacidad del proceso indicador de la Planta Antes y Después<sup>131</sup>

130 Autor

131 Autor

#### 4.4.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Al haber realizado el proyecto en el 37,16% Figura 4.17, que representan el sistema de frío y aire obteniendo un impacto económico de ahorro, comparando el consumo de energía de Agosto del 2011 a Agosto del 2012 es de \$4.064,28. Se propone aplicarlo en todas las áreas de la planta con el fin de obtener un mayor ahorro promedio a \$ 5.703,72. [31]

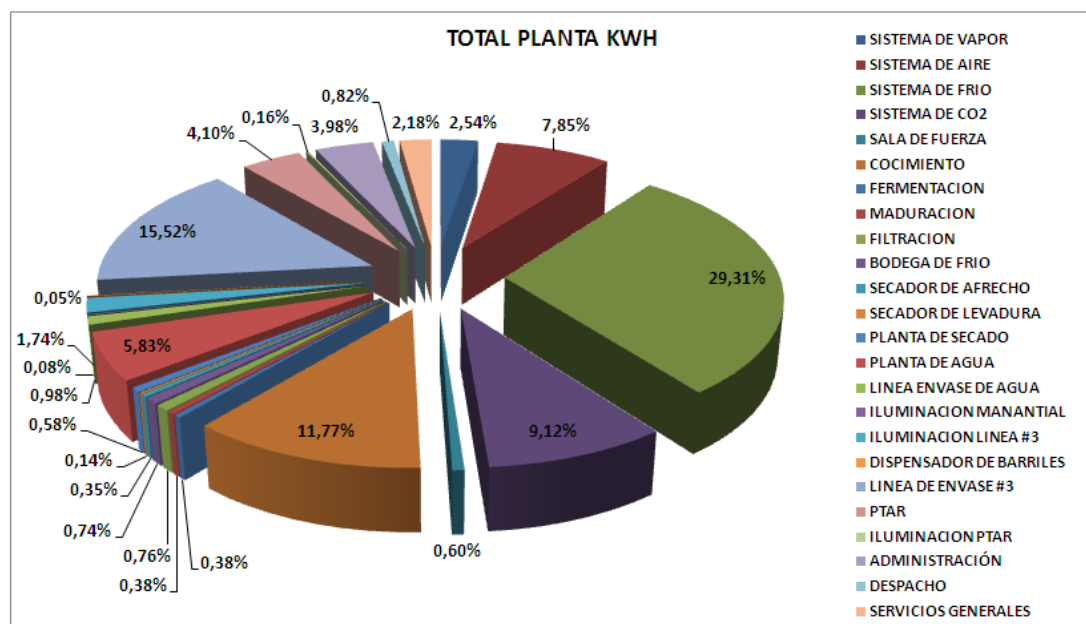


Figura 4.17. Representación Áreas en Cervecería Nacional<sup>132</sup>

<sup>132</sup> Autor



## CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

### Conclusiones:

- Se puede concluir que metodología DMAIC Six Sigma es una herramienta útil para la identificación de problemas en diferentes áreas sobre todo en una empresa de manufactura permitiendo minimizar los desperdicios según el indicador que se analizó, en este caso se analizó el consumo de energía eléctrica en la Cervecería Nacional Cumbayá.
- Por otra parte las herramientas estadísticas ayudan a registrar los datos y mostrar de forma visual el desempeño de cada una de las mejoras implementadas, de tal forma de evaluar los resultados obtenidos en relación a los resultados esperados.
- Con la implementación de la metodología DMAIC y los procesos de mejora continua “KAIZEN” se puede ver como el cambio en pequeños detalles repercuten en el desempeño de otros factores que pueden ayudar a convertir a la empresa en una empresa esbelta, es decir una empresa sin despilfarros, optimizando los recursos, fomentando la comunicación y trabajo en equipo y reduciendo los desperdicios así como el tiempo de algunos procesos.
- En este proyecto se puede ver mediante prueba y ensayo como los cambios en presión de succión, la variación en la temperatura, la comunicación entre áreas y una buena gestión en proveeduría podría lograr un ahorro significativo en consumo de energía eléctrica y en mantenimiento de los compresores.
- La capacidad de la producción en relación a la energía consumida fue favorable, se logró una disminución de los desperdicios, sin embargo no se logró llegar a la meta propuesta en un inicio por el equipo de trabajo, sin embargo la capacidad de la planta fue favorable dando indicios de que la aplicación de la metodología al resto de las áreas puede optimizar el uso de los recursos y disminuir con poca inversión el consumo de energía eléctrica.

- Es importante la coordinación de los procesos en las áreas productivas con el propósito de operar los equipos a su máxima eficiencia, esto no representa mayor inversión.
- Mejorar la eficiencia de los equipos del Sistema de Refrigeración, permite operar con temperaturas de evaporación más altas y obtener significativos ahorros de energía.
- Es indispensable contar con un buen sistema de medición para poder controlar e identificar los procesos o sistemas críticos en el consumo de energía.

### **Recomendaciones:**

- Se recomienda optimizar el uso de la energía mediante el cambio de los equipos que requieren mejoras como los compresores, los motores y los sistemas de iluminación, verificando en el proyecto su impacto en dos áreas se puede recomendar revisar los mismos equipos en las demás con el fin de evaluar su adecuado funcionamiento y valorar si se requiere modificaciones o cambios en los mismos.
- Se recomienda implementar un programa de capacitación continua con el fin de integrar a todos los miembros de la empresa en el sistema de mejora continua con el fin de convertir a Cervecería Nacional en una empresa esbelta que la ayude a destacar a nivel internacional.
- Para poder lograr un mejor desenvolvimiento y ahorro se recomienda aplicar el proyecto a toda la empresa con el fin de optimizar todas las áreas encontradas con problemas así como capacitar, incentivar y concientizar al personal continuamente ya que las acciones que ellos hacen pueden ser la principal causa de tener defectos futuros en los sistemas de ahí que se recomienda mantener un equipo activo de tipo KAIZEN dentro de la empresa que motiven a sus compañeros y les recuerden la importancia de su participación, así como mantener las reuniones de planificación con las

diferentes áreas para compartir información y aplicar los cambios pertinentes para la mejora continua de la compañía.

- Se recomienda la automatización no solo logra mejorar los procesos si no también considerables ahorros energéticos.
- Se recomienda identificar los procesos que tienen mayor participación en el consumo de energía y orientar los esfuerzos a optimizarlos. Los estudios energéticos permiten la adecuada reposición de equipos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] LEANING INTO SIX SIGMA/ Barbara Wheat, Chuck Mills y Mike Carnell.2003
- [2] Reyes, primitivo, “Manufactura Delgada (Lean) y Six sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones” Revista contaduría y Administración, N° 205, Abril – Junio 2002, Pág. 61
- [3] Bonnin, Rigo, et all, \_”la estrategia “Six sigma” y el control interno de la calidad”, Revista Electrónica Diagnóstico in Vitro, Barcelona 2005; vol. 3/49, Pág12
- [4] Anthony, J, “Design for Six Sigma: a Breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage”, Work Study, 2006, Vol, 51, Pág.6
- [5] Ishikawa, Kaoru, Guía para el Control de la Calidad (japonés): Gemba No QC Shuho (1968) por la JUSE Press, Ltd., Tokio/ ^ Ishikawa, Kaoru, Guía para el Control de Calidad, Organización Asiática de Productividad, UNIPUB, 1976, ISBN 92-833-1036-5
- [6] <http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.isixsigma.com/tools>
- [7] L. Raúl, C. Cruz, “Implementación De La Metodología Kaizen En La Mejora De Indicadores Operativos De Una Termoeléctrica” Proyecto de titulación, Universidad Veracruzana Maestría En Gestión De La Calidad Orizaba Veracruz, Octubre 2009.
- [8] [www.brighthubpm.com/six-sigma/47750-how-is-a-gap-analysis-used...](http://www.brighthubpm.com/six-sigma/47750-how-is-a-gap-analysis-used...)
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/Histograma> (2013).
- [10] CABRERA, Francisco. (2000) .Curso Est.115: Estadísticas Económicas I. publicado en: <http://www.monografias.com/trabajos43/medidas-dispersion/medidas-dispersion2.shtml>
- [11] First Consulting Group. (2010). AMEF. Publicado en: <http://www.firstconsultinggroup.com.mx/AMEF.asp>.

Revisado el 31 de marzo del 2013.

- [12] George, Michael “Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed”, McGraw-Hill, New York 2002, Pág. 4 – 11.
- [13] <http://www.monografias.com/trabajos26/Six-sigma/Six-sigma.shtml>
- [14] [http://www.eoi.es/wiki/images/e/eb/25\\_Nivel\\_sigma.jpg](http://www.eoi.es/wiki/images/e/eb/25_Nivel_sigma.jpg)
- [15] COTECNA (2007), “Introducción al Six Sigma”
- [16] <http://www.monografias.com/trabajos15/sistema-kaizen/sistema-kaizen.shtml>.  
Kaizen – Masaaki Imai – Editorial CECSA – 1989
- [17] Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo – Masaaki Imai – McGraw Hill – 1998
- [18] Galindo, E. (2006) Estadística. Quito: ProCiencia Editores.
- [19] Kenneth W. Dailey (2005, p. 63)
- [20] <http://www.eeq.com.ec/upload/pliegos/20121126103318.pdf>
- [21] L. Byron, R. Lalaleo, “Propuesta de Mejoramiento del procesos de pintura mediante la metodología Six Sigma Caso AYMESA” Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [22] <http://www.eeq.com.ec/laEmpresa/>
- [23] MATÍAS EDMUNDO BUSTAMANTE MOLTEDO “Rediseño Del Proceso De Control De Pérdidas De Energía Eléctrica: “Transformador De Distribución Como Eje Articulador En La Gestión De Las Pérdidas De Energía” Santiago De Chile Noviembre 2009.
- [24] Revista ABB 2/2007;  
[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/\\$File/81-84%202M746\\_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/$File/81-84%202M746_SPA72dpi.pdf)
- [25] Marco Buestán, Presentación curso “DMAIC Básico”. Cervecería Nacional. Ecuador, 2012.
- [26] Bolívar Rivadeneira, Presentación de Curso “Motivación y Trabajo en Equipo”. Cervecería Nacional. Ecuador, 2013.

- [27] [www.menergia.gov.ec/secciones/electrificacion/dereeproyectos1.html](http://www.menergia.gov.ec/secciones/electrificacion/dereeproyectos1.html).
- [28] <http://www.osii.com/es-la/services/index.asp>
- [29] 2010 Minitab Inc. MINITAB® LEADTOOLS © 1991-2004, LEAD Technologies.
- [30] Krones Conveyor Technology
- [31] Portal Documental - CN > Mantenimiento y Servicios > Servicios Auxiliares > Gestión > Indicadores > CONSUMOS ENERGÍA ELECTRICA.

## **ANEXOS**

**ANEXO A - ANÁLISIS DE LA DATA HISTORICA 2011-2012 CN**

**ANEXO B - ANÁLISIS DE LOS ÍNDICADORES POR AREA CN.**

**ANEXO C – DATA DIARIA CONSUMO DE ENERGÍA 2011-2012 CN**

**ANEXO D – MATRIZ CAUSA Y EFECTO**

**ANEXO E – REGISTROS SISTEMAS AIRE Y FRÍO**

**ANEXO F – FACTURAS EMPRESA ELÉCTRICA.**

**ANEXO G – DATA CERVECERÍA NACIONAL 2012**

**ANEXO H– DOCUMENTOS DE RESPALDO**