



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

**APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE
PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN**

Mario Enrique Ríos Morales

Asesorado por el Ing. Haroldo René Salguero Morales

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE
PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO ENRIQUE RÍOS MORALES

ASESORADO POR EL ING. HAROLDO RENÉ SALGUERO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de marzo de 2011.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned above the name.

Mario Enrique Ríos Morales

Guatemala, 5 de marzo de 2012

Señor Director
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ciudad

Estimado Ing. Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he asesorado la elaboración del trabajo de graduación titulado: "APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN", al estudiante Mario Enrique Ríos Morales, quien habiendo cumplido con instrucciones del suscrito ha completado el desarrollo del trabajo.

El trabajo de graduación cumple con los objetivos planteados y además, se ajusta al contenido indicado y autorizado según protocolo, lo que permite proseguir los trámites correspondientes.

Atentamente,

Ing. Haroldo Salguero Morales
Colegiado No. 4502

Ing. Haroldo René Salguero Morales
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4502



REF.REV.EMI.094.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Mario Enrique Ríos Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Ing. César Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, mayo de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Mario Enrique Ríos Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, julio de 2012.

/mgp



DTG. 357.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN UN CENTRO DE PROCESO TECNOLÓGICO DE INFORMACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Mario Enrique Ríos Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 26 de julio de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios y a la Santísima Virgen María	Por ser las luces que a diario guían mi caminar.
Mis padres	Rubén y Elvira, en honor a su memoria, con mucho amor y agradecimiento.
Mis hermanos	Miriam y Estuardo, por su incondicional apoyo.
Mis cuñados	Rolando y Carolina, por su ejemplo y dedicación.
Mis sobrinos	Diego, Isabel, Ana Lucía, Rolando Antonio, Javier Alejandro y José Fernando, con mucho cariño.
Mi familia	Por su apoyo y acompañamiento, en especial a Ely de Salguero, Any de Ríos, Thelmy Morales, Roberto Ríos, Víctor y Mary Ríos.
Mis amigas y amigos	Por haber estado siempre que se les ha necesitado.
Mis ahijados	Por confiar en mí para ser su guía.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la base que me permitió crecer profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS A:

Central de datos	Por haber abierto sus puertas para la realización de mi trabajo de graduación, en particular a quienes me orientaron, al Lic. Mario Azmitia, al señor Donnel Calderón y a su Gerente General.
Ing. Haroldo René Salguero Morales	Por su asesoría en este trabajo de graduación.
Ing. Alberto Hernández	Por haber facilitado el equipo de medición sonora.
Lic. Mynor Mancilla	Por su orientación profesional.
Ing. César Akú Castillo	Por la supervisión brindada en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
1.1. Historia	1
1.2. Misión	4
1.3. Visión	4
1.4. Política de valores y calidad	4
1.4.1. Confiabilidad	4
1.4.2. Coraje	4
1.4.3. Disciplina	5
1.4.4. Transparencia	5
1.5. Estructura del departamento de impresión	5
1.6. Clientes actuales	6
2. MARCO TEÓRICO DMAIC	7
2.1. Historia <i>Six Sigma</i>	7
2.2. Definición <i>Six Sigma</i>	9
2.3. Beneficios <i>Six Sigma</i>	10
2.4. Infraestructura <i>Six Sigma</i>	10

2.4.1.	Campeón (auspiciante)	10
2.4.2.	Maestro cinturón negro (MBB).....	10
2.4.3.	Cinturón negro (BB)	10
2.4.4.	Cinturón verde (GB)	11
2.4.5.	Cinturón amarillo (YB)	11
2.5.	Metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar, controlar).....	11
2.5.1.	Definir	12
2.5.2.	Medir el sistema.....	12
2.5.2.1.	Recolección de datos discretos y continuos	13
2.5.2.2.	Distribución de frecuencias.....	13
2.5.2.2.1.	El número de clases (k).....	14
2.5.2.2.2.	El intervalo (i)	14
2.5.2.2.3.	Punto medio	14
2.5.2.3.	Media aritmética (\bar{x})	14
2.5.2.4.	El rango	15
2.5.2.5.	Desviación estándar (σ)	16
2.5.3.	Analizar oportunidades	19
2.5.3.1.	Muestreo.....	19
2.5.3.2.	Diagrama de Pareto.....	19
2.5.3.3.	Histograma de frecuencias	20
2.5.3.4.	Tipos de regresión	20
2.5.4.	Mejorar el sistema	21
2.5.4.1.	Análisis del modo y efecto de falla (AMEF)..	21
2.5.4.2.	Superficies de respuesta.....	22
2.5.5.	Controlar el sistema.....	22

3.	SITUACIÓN ACTUAL.....	23
3.1.	Análisis de la situación actual	23
3.1.1.	Análisis de causa-efecto	23
3.2.	Proceso de impresión	26
3.3.	Comportamiento y análisis del proceso.....	27
3.3.1.	Capacidad del proceso según el índice Cp y Cpk	27
3.4.	Maquinaria y equipo de impresión	30
3.4.1.	Eficiencia de la línea de impresión	31
3.4.2.	Pérdidas por maquinaria	32
3.4.3.	Paros mecánicos y operacionales.....	33
3.4.4.	Velocidades	33
3.4.5.	Arranques y cambio de formato de papel.....	34
3.5.	Mantenimiento	34
3.5.1.	Mantenimiento predictivo en <i>six sigma</i>	35
3.5.2.	Mantenimiento correctivo programado	37
3.5.3.	Mantenimiento correctivo emergente	37
3.6.	Costos	38
3.6.1.	Materia prima	38
3.6.2.	Mano de obra directa	38
3.6.2.1.	Producción	38
3.6.2.2.	Mantenimiento (proveedor interno).....	39
3.6.3.	Maquinaria	39
3.6.4.	Proceso	39
3.6.5.	Mantenimiento (proveedor externo)	39
4.	APLICACIÓN METODOLOGÍA <i>SIX SIGMA</i>	41
4.1.	<i>Six Sigma</i> en un departamento de impresión.....	41
4.1.1.	Mapeo de procesos	41
4.1.2.	Factores de medición.....	42

4.1.2.1.	Factores o puntos críticos de calidad.....	43
4.1.2.2.	Nivel sigma del proceso.....	43
4.1.2.3.	Costos de producción y operativos	46
4.1.3.	Análisis de información.....	48
4.1.3.1.	De resultados	48
4.1.3.2.	De procesos	50
4.1.4.	Mejoras inmediatas y a largo plazo	57
4.1.5.	Métodos de control.....	60
5.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	63
5.1.	Necesidad de la aplicación	63
5.2.	Determinación del departamento de aplicación	63
5.3.	Definición de fases de implementación.....	64
6.	IMPACTO AMBIENTAL	65
6.1.	Impacto auditivo en el centro de impresión debido a la maquinaria.....	65
6.2.	Medidas de prevención y reducción de ruido.....	69
6.3.	Ventilación e iluminación	70
6.4.	Amplitud espacio físico	82
6.5.	Ambientación visual.....	83
7.	PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA.....	85
7.1.	Análisis de cumplimiento de objetivos	85
7.2.	Desempeño estadístico del proceso vrs. estándares <i>six sigma</i>	85
7.3.	Indicadores de eficiencia del proceso	86
7.4.	Factores que afectan la productividad y eficiencia del proceso	86

7.5. Pérdidas por calidad	87
7.6. Normas ISO 9 001: 2 000	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del departamento de impresión y ensobrado.....	5
2.	Metodología de mejoramiento DMAIC.....	12
3.	Curva normal o campana de Gauss.....	17
4.	Gráfica de <i>six sigma</i>	18
5.	Diagrama de causa-efecto área de impresión.....	24
6.	Diagrama causa-efecto área de ensobrado.....	25
7.	Relaciones entre los niveles sigma y los índices de capacidad Cp y Cpk.....	30
8.	Mapeo de procesos áreas de impresión y ensobrado.....	41
9.	Diagrama de Pareto de defectos en proceso de impresión.....	48
10.	Diagrama de Pareto de defectos en proceso de ensobrado.....	49
11.	Histograma de frecuencias de defectos en el proceso de impresión..	53
12.	Histograma de frecuencias de defectos en el área de ensobrado.....	55
13.	Diagrama de dispersión de muestreo proceso de impresión Vrs. porcentaje de costos de desperdicio.....	56
14.	Diagrama de dispersión de muestreo proceso de ensobrado Vrs. porcentaje de costos de desperdicio.....	57
15.	Valores en decibeles de los sonidos más comunes.....	66
16.	Relaciones de cavidades cielo, ambiente y piso.....	76

TABLAS

I.	Resultados obtenidos por Motorola en la implementación de la metodología <i>six sigma</i>	8
II.	Clasificación de los niveles sigma de eficiencia.....	9
III.	Relación de límites y porcentajes de datos	16
IV.	Ponderación del análisis del modo y efecto de falla.....	21
V.	Pérdidas por maquinaria.....	32
VI.	Capacidad de producción de la maquinaria de Central de Datos.....	42
VII.	Factores críticos de calidad.....	43
VIII.	Muestreo de defectos en el proceso de producción de Central de Datos.....	44
IX.	Nivel sigma del proceso de producción en Central de Datos..	45
X.	Defectos de producción en el proceso de impresión.....	46
XI.	Defectos de producción en el proceso de ensobrado.....	46
XII.	Costos de producción y desperdicio en el proceso de impresión.....	47
XIII.	Costos de producción y desperdicio en el proceso de ensobrado.....	47
XIV.	Posibles soluciones de defectos de mayor ocurrencia.....	50
XV.	Análisis técnico de las posibles soluciones de los procesos de impresión y ensobrado.....	51
XVI.	Defectos de producción en el proceso de impresión.....	52
XVII.	Distribución de frecuencias de defectos en el proceso de impresión.....	53
XVIII.	Defectos de producción en el proceso de ensobrado	54
XIX.	Distribución de frecuencias de defectos en el proceso de ensobrado.....	54

XX.	Defectos de producción y costo de desperdicio en el área de impresión.....	55
XXI.	Defectos de producción y costo de desperdicio en el proceso de ensobrado.....	56
XXII.	Matriz AMEF, fallas potenciales y análisis de sus efectos en proceso de impresión.....	58
XXIII.	Matriz AMEF, fallas potenciales y análisis de sus efectos en proceso de ensobrado.....	59
XXIV.	Defectos en el proceso de impresión.....	60
XXV.	Defectos en el proceso de ensobrado.....	60
XXVI.	Defectos por millón de oportunidades (DPMO) en los procesos de producción.....	61
XXVII.	Nivel sigma y rendimiento en los procesos de producción.....	61
XXVIII.	Superficie de respuesta.....	62
XXIX.	Intensidad sonora.....	67
XXX.	Valores TLV para ruido continuo	68
XXXI.	Nivel de presión sonora en Central de Datos.....	69
XXXII.	Coeficientes de reflexión en Central de Datos.	74
XXXIII.	Altura cavidades cielo, ambiente y piso.....	75
XXXIV.	Cálculos de relaciones de cavidad.....	76
XXXV.	Interpolación de valores del factor de utilización.....	77
XXXVI.	Interpolación de valores del factor de corrección.....	78
XXXVII.	Capacidad lumínica real instalada en Central de Datos.....	81
XXXVIII.	Capacidad lumínica utilizada en Central de Datos.....	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cp	Capacidad potencial de proceso
ρ	Coeficiente de correlación
db	Decibel
σ	Desviación estándar
DET	Detección
fi	Frecuencia absoluta de clase
Cpk	Habilidad del proceso
kPa	Kilo pascales = 1000 Pa = 1×10^3 Pa
>	Mayor que
<	Menor que
\bar{X}	Media aritmética

OCC	Ocurrencia
RPN	Prioridad de riesgo
Xi	Punto medio de clase
SEV	Severidad
TRR	Tasa de reducción de ruido, utilizado para medir la efectividad de tapones protectores para oídos.

GLOSARIO

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
AMEF	Análisis de modo y efecto de falla.
Decibel	Mide la respuesta del oído ante un sonido de intensidad baja. Se utiliza para medir el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesta a la misma.
DMAIC	Acrónimo de las palabras definir, medir, analizar, mejorar (improve), controlar, definida por la metodología Six Sigma para la mejora de procesos.
DPMO	Defectos por millón de oportunidades.
Eficacia	Grado en el cual una organización cumple y supera las necesidades y requisitos de sus clientes.
Eficiencia	Cantidad de recursos que un negocio consume para ser eficaz, se puede medir en tiempo, costo o trabajo.

Ensobradora	Máquina que inserta estados de cuenta y volantes en un sobre.
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America.
ICAITI	Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial.
Intensidad	Potencia sonora, cantidad de energía por segundo que atraviesa una superficie que contiene un sonido. Está relacionada con la amplitud de onda sonora y con la cantidad de energía transportada, indica si un sonido es fuerte o débil.
ISO	International Standard Organization.
NPS	Nivel de presión Sonora.
NScp	Nivel sigma a corto plazo.
NSlp	Nivel sigma a largo plazo.
<i>Outsourcing</i>	Empresa que presta servicios subcontratados por terceros para satisfacer una demanda.
Pascales	Medida de la presión en términos de la fuerza ejercida por metro cuadrado.

Presión sonora	Cantidad de energía acústica por unidad de superficie. El margen de presión acústica que es capaz de oír una persona joven y normal, oscila entre 20N/m^2 (Pa) y $2 \times 10^{-5} \text{N/m}^2$ (Pa), umbral auditivo.
Proceso	Se define como la serie de pasos y actividades que reciben insumos de los proveedores, agregan valor y suministran productos para los clientes.
Six sigma	Medición técnica de cuántos casos de insatisfacción de clientes ocurren en un millón de oportunidades.
Termografía infrarroja	Técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.
TLV	<i>Threshold limit values</i> (valores límites de umbral).
Tono	Se refiere a una cualidad de la sensación sonora que permite distinguir entre un sonido grave o bajo, agudo o alto. El tono se eleva al aumentar la frecuencia.

Ultrasonido activo

Es el producido por un equipo emisor de ultrasonido o por instrumentos que inyectan ultrasonido (sistema de eco), sirve para la detección de fallas estructurales en componentes de mecanismos.

Ultrasonido pasivo

Estudio de ondas de sonido no perceptibles por el oído humano, ocasionado por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío y arcos eléctricos, pudiéndose detectar con la tecnología adecuada.

RESUMEN

Cuando se lleva a cabo un proceso industrial existe la posibilidad de que ocurran defectos de producto en cada una de las fases de su ejecución, surge entonces la necesidad de buscar las causas que dan origen a las unidades defectuosas y los efectos que de estos se pueden desprender.

En esa constante búsqueda de soluciones y de mejora continua de la producción, se abre la posibilidad de implementar programas, métodos o sistemas que conduzcan a la optimización de los recursos disponibles.

En Central de Datos se lleva a cabo el proceso de impresión y ensobrado de los estados de cuenta bancarios y de tarjetas de crédito de las principales instituciones financieras del país. Ellos han experimentado la necesidad de identificar las causas que ocasionan diversos problemas de producción por lo que han apoyado la implementación de la metodología *Six Sigma*.

El ambiente *Six Sigma* propicia la oportunidad de trabajar sobre la base DMAIC, es decir las fases de, definir, medir, analizar, mejorar y controlar, y donde cada una de estas etapas trabajadas una a una, han permitido la obtención de resultados alentadores.

En el presente estudio se ha procedido a dejar plasmado diversos componentes; el historial de la empresa, un marco teórico el cual sustenta los orígenes del *six sigma* y cada una de sus fases, las bases estadísticas y matemáticas sobre las cuales se apoya, y se ha tomado una radiografía para

conocer la situación actual del centro de impresión, conociendo lo concerniente a procesos, capacidades, maquinaria, mantenimiento y costos.

En el capítulo del proceso de implementación de la metodología *six sigma* (DMAIC) se enfoca desde el mapeo de procesos y factores de medición, realizándose posteriormente el análisis de la información, mejoras inmediatas y métodos de control; orientado todo hacia la implementación de la propuesta; se hace un enfoque de impacto ambiental y finalmente se presenta la propuesta de mejora continua haciendo un apartado para las normas ISO 9 001:2 000.

OBJETIVOS

General

Reducir la variabilidad de un proceso de información, de extrema confidencialidad, el cual esté siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos de calidad del cliente, de acuerdo con la metodología *Six Sigma* (6σ).

Específicos

1. Evaluar los parámetros de proceso para determinar en qué fase interviene la mano de obra y así realizar el estudio de tiempos y movimientos para detectar las oportunidades de mejora en la producción.
2. Lograr minimizar los costos de operación mediante la realización de un estudio de tiempos y movimientos.
3. Estudiar el flujo del proceso para ajustar la distribución en planta y equipo al proceso requerido.
4. Determinar los puntos clave dentro del proceso donde hay mayor riesgo de error para la toma de datos y posterior cálculo de la desviación estándar de la muestra.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo los procesos productivos se han ido creando, transformando, desarrollando y mejorando, lo que se ha traducido en un aumento de eficiencia y productividad de todos aquellos entes relacionados en la elaboración de un producto o en la prestación de un servicio.

Al hablar de dichos entes se hace referencia a varios de ellos; el primero hace alusión al factor humano, sin el cual cualquier tipo de proceso no hubiera podido desarrollarse; el segundo componente se refiere a la tecnología, la que con el correr del tiempo se ha ido perfeccionando, logrando alcanzar altos grados de eficiencia, redundando en la baja de costos de producción y aumentando la cantidad de producto que llega al consumidor final, especialmente si se refiere a productos de distribución masiva; por último se menciona la materia prima, factor sin el cual no sería posible satisfacer una demanda o servicio, siendo esta tangible o intangible.

Para el presente caso de investigación, se presentan los tres aspectos anteriores como los principales actores de un proceso tecnológico de información en donde se lleva a cabo la impresión de estados de cuenta bancarios y de tarjetas de crédito, y siendo este un proceso muy dinámico, se requiere de un análisis objetivo a través del cual se pueda aplicar la metodología *Six Sigma* y hacer los reajustes necesarios al proceso, de tal forma que los mismos estén enmarcados dentro de las políticas de calidad y servicio de la empresa.

Será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que está interesado en conocer y aplicar en sus ambientes de trabajo los resultados que de este estudio se derivan, puesto que la metodología *Six Sigma* permite mejoras continuas en donde los frutos de su aplicación se traducen en una producción más limpia, un mejor ambiente de trabajo, mano de obra comprometida y clientes satisfechos.

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa Central de Datos es una compañía integradora de soluciones, experta en tecnologías de información. Ellos proveen todos los componentes para infraestructura tecnológica empresarial con *hardware*, *software* y servicios especializados.

Central de Datos es el aliado estratégico de sus clientes, mediante asesoría e implementación de soluciones que permiten la creación y evolución de procesos automatizados para propiciar una mayor competitividad.

Central de Datos es una empresa con presencia regional en Guatemala, Honduras, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Haití. También cuenta con oficinas en Miami, en el estado de Florida, en Estados Unidos, como punto de distribución de productos.

Central de Datos representa a marcas líderes de la industria como Cisco Systems, Cognos, Diebold, Veris, LatCapital, Lenovo y SAP, entre otros; abarcando las áreas de consultoría, "*outsourcing*", integración de sistemas y formación.

1.1. Historia

En sus inicios la compañía se conoció con el nombre de Computing-Tabulating-Recording Company, CTR. Estaba compuesta por pequeñas empresas, algunas de ella fundadas a finales del siglo XIX.

Entre los productos que distribuían comprendían balanzas comerciales, máquinas para cortar carnes y quesos, equipos industriales para registrar el tiempo, tabuladoras y hojas perforadas. Uno de sus primeros gerentes fue Thomas L. Watson, quien había trabajado con la National Cash Register Co., allá por el año 1914. Para 1920 ya se habían iniciado negocios en Canadá, Brasil y varios países europeos. Fue por esta época en que salió al mercado la calculadora-impresora, triplicándose los ingresos brutos de la organización. En 1924 la compañía cambió de nombre, de Computing-Tabulating-Recording Company a Central de Datos.

En los años 50, hay cambio de liderazgo y se inicia una empresa más descentralizada con seis divisiones, además de Central de Datos. Se abrieron centros de procesamiento de datos en Londres, Bruselas y Zurich; un laboratorio de desarrollo en Hursley, Inglaterra. Se dio paso a la expansión en el Lejano Oriente, Latinoamérica y Australia. A finales de la década de 1950 Central de Datos tenía alrededor del mundo 12 plantas, 4 laboratorios, 262 oficinas de ventas y más de 29 000 empleados en 87 países fuera de los Estados Unidos.

En 1940, Central de Datos inició operaciones en todos los países centroamericanos. En sus comienzos los productos que ofrecían al mercado eran máquinas tabuladoras, perforadoras de tarjetas, relojes marcadores y de pared, máquinas de escribir eléctricas entre las cuales se menciona la Selectric, la cual utiliza una esfera donde se encuentran los símbolos de la escritura.

Las máquinas de registro unitario tuvieron historia en el desarrollo de la región. Por ejemplo en Guatemala, el censo de 1950; en Costa Rica, las elecciones de 1948, por mencionar algunos.

En la década de 1960 los productos de Central de Datos atrajeron cada vez más la atención pública, utilizándose en la transmisión de información vía satélite –Telstar-, también los programadores de Central de Datos desarrollaron millones de instrucciones para las computadoras de los vuelos espaciales.

Los años 60 fueron de gran crecimiento para Central de Datos alrededor del mundo, la compañía se extendió a República Dominicana. Ya en la década de los años 70, Central de Datos cambió la estrategia de negocio hacia la informática, ubicándose como líderes en tecnología a nivel mundial, habiendo penetrado en sectores como banca, industria, comercio, educación y gobierno; en los países donde Central de Datos ha trabajado, ha contribuido con tecnología de punta para el desarrollo de los sectores claves de la región.

En 1981, Central de Datos introdujo la computadora personal. En esa década el desarrollo gerencial se aceleró; introdujeron los círculos de calidad para la detección de errores, líneas directas de calidad e incluso la formación del Instituto de Calidad Central de Datos. Con estos esfuerzos, la población laboral aumentó de 274 108 a 405 535 trabajadores. Durante esta década, se produce un gran desarrollo tecnológico. Hasta la fecha, se ofrecen soluciones de pequeña o alta capacidad, para todo tipo de clientes.

En los primeros años de la década de los 90, Central de Datos revisa sus esquemas de negocios y procesos, lo que trajo como resultado la búsqueda de socios para formar nuevas alianzas estratégicas. De esta manera, surge junto a un grupo de empresarios centroamericanos, para el manejo de diversas marcas en la región de Centroamérica y El Caribe, la Corporación Central de Datos de Guatemala. La nueva alianza, garantiza una relación transparente en la modernización técnico-administrativa en todas las áreas, en los países de la región.

1.2. Misión

Para Central de Datos, su misión consiste en integrar la tecnología en soluciones de valor agregado y fue creada para satisfacer las expectativas de sus clientes, brindando productos y servicios de clase mundial.

1.3. Visión

Central de Datos tiene como visión ser para sus clientes los facilitadores de tecnología de información para lograr una mejor competitividad. La misma fue creada con la finalidad de alcanzar resultados superiores a los de la industria, con una cultura organizacional que colabora con las comunidades con las cuales trabaja.

1.4. Políticas de valores y calidad

Central de Datos se rige por cuatro valores que son la base para generar valor agregado a las soluciones de sus clientes. Estos valores son:

1.4.1. Confiabilidad

Central de Datos confía en la honestidad, integridad y lealtad, ejecutando sus compromisos con precisión y calidad.

1.4.2. Coraje

Para Central de Datos es el sinónimo de atrevimiento, de ser los mejores, creativos e innovadores.

1.4.3. Disciplina

La cultura de Central de Datos se rige por la observancia de reglas y compromisos.

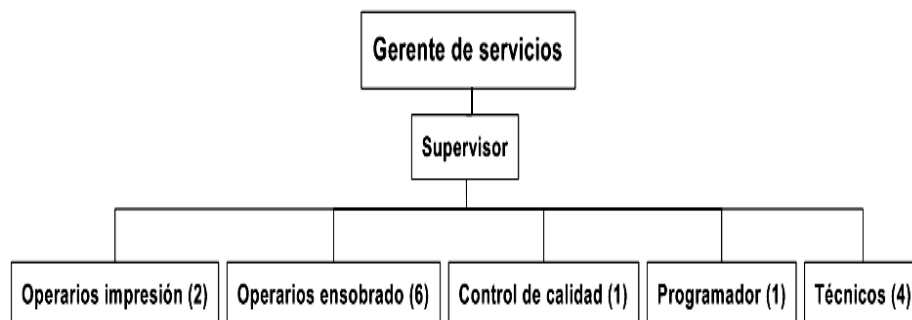
1.4.4. Transparencia

Como parte de la filosofía de Central de Datos, no hay lugar para las ambigüedades; ser claros e ir directo al punto es su premisa.

1.5. Estructura del departamento de impresión

El departamento de impresión consta de un total de 16 empleados: en las áreas de impresión, ensobrado, control de calidad, programación, técnicos de máquinas de impresión y de ensobrado, supervisión y gerencia del departamento de servicios. Ver figura 1 del organigrama del departamento de impresión y ensobrado.

Figura 1. Organigrama del departamento de impresión y ensobrado



Fuente: elaboración propia.

1.6. Clientes actuales

Entre los clientes actuales de Central de Datos se encuentran los principales bancos del sistema, instituciones financieras y gubernamentales del país.

2. MARCO TEÓRICO DMAIC

2.1. Historia *Six Sigma*

Fue iniciado en 1982 por el ingeniero Bill Smith en Motorola, como una estrategia de mejoramiento de la calidad y de la forma de cómo hacer negocios. Junto a Mikel Harry, estudiaron las variaciones de los procesos de Motorola.

En la fase de análisis descubrieron que las variaciones eran excesivas y que causaban poca satisfacción de sus clientes y poca efectividad para satisfacer sus requisitos. Ellos y sus colegas investigaron sobre aquellos procesos que producían mayor variación y menor rendimiento, logrando optimizar su eficacia y eficiencia.

Dentro de los logros alcanzados, se menciona que lograron involucrar activamente al director ejecutivo Bob Galvin, quien hizo del *six sigma* la filosofía gerencial en todo lo que hacía.

Los resultados obtenidos por Motorola se muestran a continuación en la tabla I.

Tabla I. **Resultados obtenidos por Motorola en la implementación de la metodología *six sigma***

Descripción	%	Ahorro monetario
Incremento de la productividad anual	12,3	
Reducción de los costos de no calidad	84,0	
Eliminación de defectos en procesos	99,7	
Ahorro en costos de manufactura		\$11 billones
Crecimiento anual sobre ganancias, ingresos y valor de acciones	17,0	

Fuente: elaboración propia.

A principios de la década de los noventa, esta metodología fue implementada en AlliedSignal, habiendo alcanzado después de tres años, ahorros de millones de dólares y la reputación por no haber realizado despidos masivos para reducir sus costos. En 1995, General Electric decide adoptar el *six sigma* para toda la corporación habiendo alcanzado resultados sorprendentes. Luego de aplicada la metodología *six sigma* se mejoró el porcentaje de éxito de un 75% hasta un 99% de las oportunidades. En dos años General Electric había tenido ahorros por valor de 320 millones de dólares, para el año 1999 se proyectaron ahorros de 1 000 millones.

Debido al éxito obtenido por Motorola, AlliedSignal y General Electric, esta metodología ha sido implementada posteriormente por empresas como Xerox, ABB Electronics, entre otras.

2.2. Definición Six Sigma

La metodología del proceso permite la reducción de la variabilidad de los datos encontrados, consiguiendo reducir o eliminar defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta *six sigma* es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades –DPMO-, entendiéndose como defecto cualquier evento que un producto o servicio no logra cumplir con los requisitos del cliente.

Six sigma utiliza herramientas de estadística para el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la metodología, ya que sigma representa la variabilidad de un proceso o desviación estándar, y el objetivo de esta metodología *six sigma* (6σ) es reducir dicha variabilidad de modo que el proceso esté siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. Se puede clasificar la eficiencia de un proceso con base en su nivel sigma, (ver tabla II).

Tabla II. **Clasificación de los niveles sigma de eficiencia**

Nivel σ	DPMO	% eficiencia	Nivel σ	DPMO	% eficiencia
1	690 000	68,27	4	6210,0	99,994
2	308 000	95,45	5	230,0	99,99994
3	66 800	99,73	6	3,4	99,99999966

Fuente: elaboración propia.

2.3. Beneficios *Six Sigma*

Ahorra tiempo y dinero; permite la recolección de datos en forma sencilla; admite estudiar aquellas fases de proceso con mayor relevancia; simplifica la medición en el tiempo; es viable mejorar la precisión de los resultados; puede aplicarse el uso del muestreo del total de una población.

2.4. Infraestructura *Six Sigma*

La metodología *six sigma* sigue una estructura para la conformación de sus equipos, la misma involucra a empleados de todos los niveles, como se muestra a continuación.

2.4.1. Campeón (auspiciante)

Corresponde a la alta gerencia o ejecutivos. Se recomienda un campeón por unidad de negocio. Recibe entre 20 a 40 horas de formación.

2.4.2. Maestro Cinturón Negro (MBB)

Pueden ser los gerentes o jefes con dominio de herramientas estadísticas; se recomienda un *Master Black Belt* por cada 30 *Black Belt*, o por cada 1 000 empleados. Recibe entre 280 a 460 horas de capacitación.

2.4.3. Cinturón Negro (BB)

Pueden ser ingenieros, técnicos o personal con 5 o más años de experiencia. Se propone un *Black Belt* por cada 100 empleados.

Un *Black Belt* es la persona que dirige un equipo de *Six Sigma* a tiempo completo, con 180 a 240 horas de formación.

2.4.4. Cinturón Verde (GB)

Suelen ser empleados que han recibido formación suficiente *Six Sigma*; en general, es el personal técnico o de soporte del área involucrada. Recibe entre 70 a 140 horas de formación. Su dedicación es a tiempo parcial.

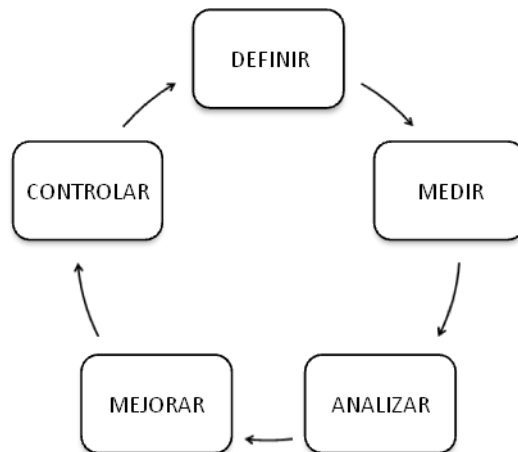
2.4.5. Cinturón amarillo (YB)

Personal con conocimiento básico de *Six Sigma*, con un entrenamiento de 2 días. A veces es un personal de la Alta Gerencia, pero muy diferente al campeón o MBB.

2.5. Metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar, controlar)

La metodología DMAIC –Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar-, es un método estructurado, disciplinado y riguroso para lograr la mejora de procesos. La razón para seguir esta metodología es alcanzar los objetivos que persigue la filosofía *six sigma*. En la figura 2 se observa el ciclo de la metodología *six sigma*.

Figura 2. **Metodología de mejoramiento DMAIC**



Fuente: elaboración propia.

2.5.1. Definir

En esta fase se presenta el diagrama de alto nivel del proceso actual – véase figura 8, página 41- como herramienta importante para definir opciones de mejora dentro de la organización y aquellos puntos críticos en los cuales se presenten mayores problemas.

2.5.2. Medir el sistema

Esta etapa es cuando se establecen medidas confiables de estadísticas que proveen de la información recolectada, mediante la definición de los parámetros cualitativos y cuantitativos del proceso. Se calcula el desempeño sigma del proceso. El producto resultante de esta fase deberán ser datos del actual funcionamiento que proporcionen la localización del problema.

2.5.2.1. Recolección de datos discretos y continuos

Toda investigación estadística es el resultado de medir en forma cualitativa o cuantitativa una unidad o fenómeno individual. Si la unidad estadística estudiada es cualitativa, se cuenta el número de veces que se repite, el resultado es un dato discreto, dado que está formado por números enteros; por ejemplo el número de habitantes de sexo femenino en la ciudad de Guatemala. También se interpretan como valores binarios: alto-bajo, hombre-mujer, día-noche.

En cambio, si la unidad estadística es cuantitativa; es una variable; si es discontinua da como resultado un valor discreto; por ejemplo el número de salones de un edificio de aulas. El otro valor que puede presentarse es de tipo continuo y es cuando este admite comparación y fraccionamiento; por ejemplo, el peso de los operarios de una fábrica de ensamble de motores. Estos últimos datos son preferibles porque dicen mucho de un proceso.

2.5.2.2. Distribución de frecuencias

Es una presentación de datos en forma ordenada, sirve para presentar datos agrupados y no agrupados, donde la frecuencia es la intensidad con que se presenta un fenómeno.

Si la serie de frecuencias se presenta con los datos agrupados, la serie formada, es una distribución de frecuencias con intervalos de amplitud constante o variable. Para una distribución de frecuencias simples o acumuladas de valores agrupados hay que tener en consideración lo siguiente:

2.5.2.2.1. El número de clases (k)

Es el número de filas de la tabla de distribución de frecuencias, su fórmula es la siguiente: $k=1+3.322*\log(n)$.

2.5.2.2.2. El intervalo (i)

Se refiere al número de valores entre los límites superiores e inferiores de cada clase, $i= R/k$.

2.5.2.2.3. Punto medio

Punto medio entre los valores de los límites superior e inferior.

$$\text{P.M.: } X_i = (\text{dato mayor} + \text{dato menor})/2$$

2.5.2.3. Media aritmética (\bar{x})

Una tabla de distribución de frecuencias no es suficiente para describir adecuadamente la información en ella vertida, por lo que se hace necesario desarrollar ciertas medidas que expresen cuantitativamente la distribución; una de ellas es un parámetro de posición o tendencia central, ya que en torno a un valor en particular tienden las observaciones a agruparse.

La media aritmética de una serie de valores se define como el cociente que resulta de dividir la suma de todos los datos entre el número total de ellos; se utiliza la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)/n = (\sum x_n)/n$$

Donde:

\bar{x} = media aritmética

Σx_n = sumatoria de todos los datos

n = número total de datos

En el caso de la media aritmética para datos agrupados, se hace uso de la siguiente fórmula: $\bar{x} = \Sigma f_i \cdot x_i / n$

Donde:

\bar{x} = media aritmética

$\Sigma f_i \cdot x_i$ = sumatoria del producto de la frecuencia absoluta de cada clase
por el punto medio de clase

n = número total de datos

2.5.2.4. El rango

Los datos de un estudio tienden a centrarse o dispersarse alrededor de alguna medida de tendencia central.

Cuantificar esa intensidad permite establecer límites de variación; dicha cuantificación se encuentra mediante las medidas de variabilidad o dispersión. El rango es una de ellas, siendo la diferencia entre el dato mayor y el dato menor, en la distribución de frecuencias. Sirven más que para definir la diferencia entre los valores extremos, para establecer los límites de una serie de datos. Por ejemplo, es dado en medicina hablar que la presión arterial normal para una persona joven, se sitúa entre 80-120 mm de mercurio, su fórmula es: $R = \text{dato mayor} - \text{dato menor} + 1$.

2.5.2.5. Desviación estándar (σ)

Esta es la medida de variabilidad o dispersión más importante en Estadística, dada su fiabilidad. Se denota con la letra griega sigma (σ) y se define como el promedio cuadrático de las desviaciones respecto de la media aritmética. Intervienen en su cálculo todos los datos, teniendo mayor peso las desviaciones grandes. Su utilidad es de especial aplicación en una distribución normal de frecuencias, siendo la misma simétrica o ligeramente asimétrica. En la tabla No. III se observan los límites en que se verifican los porcentajes de los datos estudiados. Estos están conformados por los valores de la media aritmética \pm la desviación estándar.

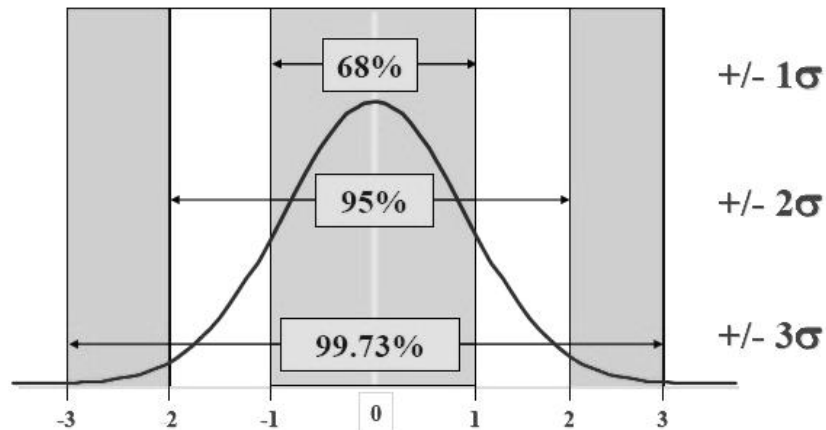
Tabla III. **Relación de límites y porcentajes de datos**

Límites	Porcentaje
$\bar{x} \pm \sigma$	68,27
$\bar{x} \pm 2\sigma$	95,45
$\bar{x} \pm 3\sigma$	99,73

Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se muestra una representación gráfica de los porcentajes de datos y sus límites asociados; son presentados en una curva normal o campana de Gauss.

Figura 3. Curva normal o campana de Gauss



Fuente: <http://pmlconsultores.com.ar/docs/Ingenieria>. [Consulta: 17/7/2010].

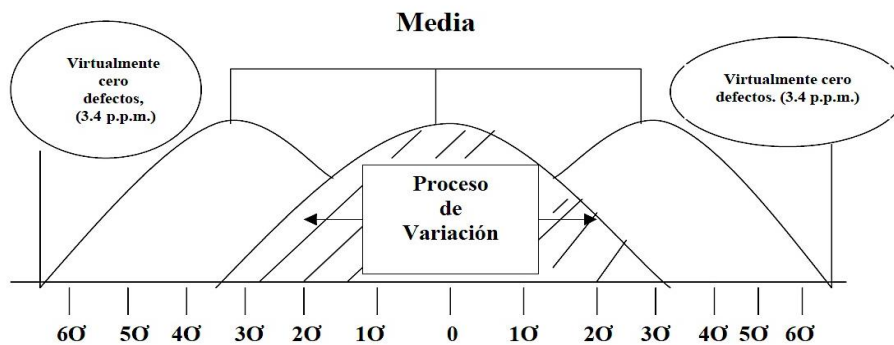
Conocidas las generalidades de la desviación estándar, se pueden conocer las características de la gráfica de *six sigma*, la cual es utilizada para demostrar el nivel de defectos registrados durante el proceso registrado y la media obtenida.

En la gráfica se muestra que el proceso de variación está situado en el lugar de la media, siendo el lugar donde el proceso estará cambiando.

El objetivo de *six sigma* es obtener 3,4 defectos por cada millón de oportunidades producidas. El indicador que permite conocer el punto central de variación es la media, el cual indica que en variación igual a cero no se presenta ninguna distorsión del proceso.

Los procesos son evaluados con base en criterios que se representan en niveles, desde 1σ a 6σ , obteniéndose la distribución de datos y los porcentajes de error en la gráfica. Los niveles de confiabilidad van desde el 68,27% hasta 99,999943%. El área bajo la curva comprende el valor de la media de los datos y las desviaciones hacia la izquierda o derecha, que dependen del nivel de confiabilidad donde están distribuidos los datos. Los niveles *six sigma* están ubicados en la parte derecha e izquierda de la media, indicando el rango de distribución de los datos y se analizan ambos lados de la gráfica.

Figura 4. **Gráfica de *six sigma***



Fuente: <http://pmlconsultores.com.ar/docs/Ingenieria>. [Consulta: 17/7/2010].

La fórmula para calcular la desviación estándar para datos agrupados es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{[\sum f_i * (x_i - \bar{x})^2] / n}$$

La fórmula viene a representar la diferencia de las desviaciones respecto de la media aritmética, algunas de estas serán positivas y otras negativas; la suma algebraica de todas ellas da cero. Este inconveniente se salva elevando esas desviaciones al cuadrado con lo cual todas se convierten en positivas.

La suma de los cuadrados de las desviaciones dividida entre el número total de datos se conoce como varianza; si a esta varianza se le extrae la raíz cuadrada se obtiene la desviación típica o estándar; al realizar esta última operación se hace con la finalidad de obtener la medida original de la variable.

2.5.3. Analizar oportunidades

En este paso, los investigadores se encargan de analizar los datos y el proceso en sí, lo que ayudará a definir las causas raíz del mal desempeño sigma. La causa o varias de ellas deberán formar la base para las soluciones de la etapa de mejoras.

2.5.3.1. Muestreo

Se refiere a la parte representativa de una población que se investiga. La selección de la muestra consiste en analizar un número limitado de datos que sean representativos de la población total y con la cual guardan estrecha relación. El muestreo puede realizarse al azar o aleatoriamente; de forma estratificada, el grupo de datos se divide en subgrupos o estratos; sacada intencionalmente, la muestra es la más efectiva ya que asegura que todos los grupos en que está dividida la población estén representados. Para que una muestra sea confiable debe ser representativa, de un tamaño idóneo y que intervenga el azar en su selección, para que cada prueba tenga la misma oportunidad de ser seleccionada igual que cualquier otra.

2.5.3.2. Diagrama de Pareto

Sirve para presentar datos discretos, en forma descendente, de izquierda a derecha, por medio de barras.

También se le conoce como la regla 80-20, dado que Vilfredo Pareto representó matemáticamente que el 80% de la riqueza del mundo lo controlaba el 20% de la población. Facilita el estudio comparativo de diversos procesos dentro de la industria o comercio.

2.5.3.3. Histograma de frecuencias

Sirve para representar una distribución de frecuencias de valores agrupados en intervalos de amplitud constante o variable. Es una gráfica que se construye con rectángulos, donde el ancho está dado por los límites de clase y la altura corresponde a la frecuencia asociada a dicha clase.

2.5.3.4. Tipos de regresión

Para empezar hay que definir el término correlación, el cual se refiere al grado de relación entre dos variables; se identifica con la letra griega ρ . Pueden existir distintos grados de correlación para esto se calcula el coeficiente correspondiente, el cual se sitúa en una escala de -1 a 1. Cuando el coeficiente de correlación toma el valor de cero, es un indicador de que no existe correlación entre las variables.

Una correlación es perfecta si toma valores de ± 1 , significa que cada cambio que ocurre en una variable, se dará en forma proporcional en la otra variable. Si la correlación es negativa significa que cuando una variable crece la otra decrece en forma proporcional; por el contrario si la correlación es positiva, es sinónimo de que ambas variables crecen o decrecen proporcionalmente. Cualquier otro valor diferente a los mencionados indicará qué tan lejos o cerca esté de la correlación perfecta.

2.5.4. Mejorar el sistema

En esta fase el equipo genera una serie de soluciones encaminadas a mejorar el desempeño sigma. Reducir el impacto de las causas raíces identificadas.

2.5.4.1. Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF)

Es un método que identifica aspectos de riesgo o críticos en los cuales es indispensable ejercer control. El AMEF es una matriz utilizada para evaluar distintas funciones del proceso, detectar los modos de falla que en esa función pueden reflejarse, su severidad, causas potenciales, niveles de ocurrencia, controles existentes y su efectividad. La ponderación para analizar el modo y efecto de falla se muestra en la tabla IV:

Tabla IV. Ponderación del análisis del modo y efecto de falla

	5 (Muy malo)	4	3	2	1 (Bueno)
Severidad (SEV)	Severa Consecuencia de falla	Alta	Moderada Consecuencia de falla	Baja	Ninguna Consecuencia de falla
Ocurrencia (OCC)	Muy alta Probabilidad de que ocurra el modo de falla	Alta	Moderada Probabilidad de que ocurra el modo de falla	Baja	Muy baja Probabilidad de que ocurra el modo de falla
Detección (DET)	Muy alta Probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso	Alta	Moderada Probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso	Baja	Muy Baja Probabilidad de NO detectar la falla antes de que esta afecte el proceso

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de modo y efecto de falla que se presenta, la prioridad de riesgo RPN, indica el riesgo que se tiene en cada etapa del proceso, es el producto de la severidad, la ocurrencia y la probabilidad de detección.

2.5.4.2. Superficies de respuesta

Se refiere al conjunto de técnicas matemáticas usadas en el tratamiento de problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. Su principal objetivo es establecer los valores que optimizan el valor de una variable.

2.5.5. Controlar el sistema

Implementar aquellas técnicas o estrategias que conduzcan a mantener los logros alcanzados con *six sigma*, estandarizando el proceso, con la finalidad de que lo implementado no fracase con la forma recurrente de operar el proceso.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Análisis de la situación actual

Es importante realizar un análisis sobre la situación actual de la empresa para poder dar soluciones y recomendaciones, por lo que se hace el mismo desde un punto vista global de las operaciones actuales, que desglosado, permitirá encontrar los puntos críticos del proceso.

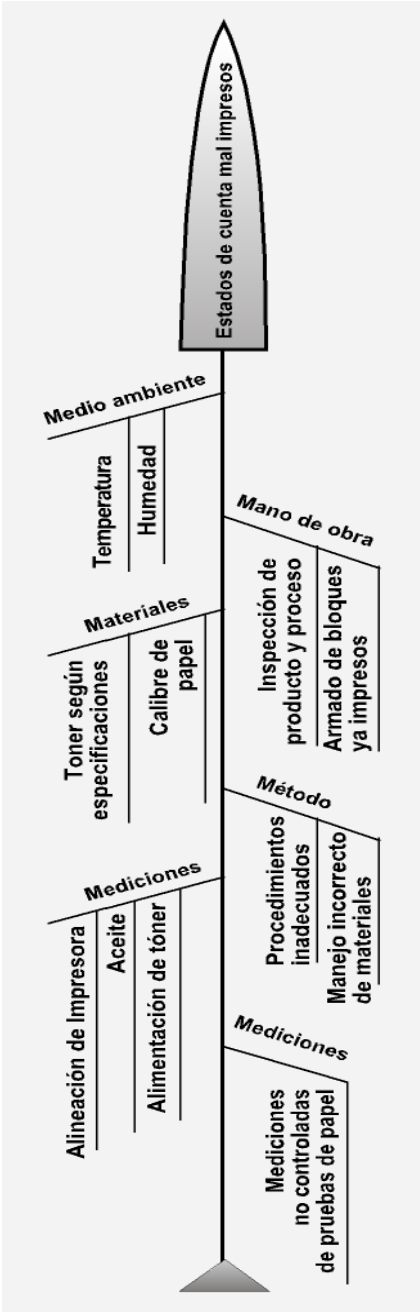
3.1.1. Análisis de causa-efecto

Este análisis tiene que ver con las teorías sobre cómo mejorar el proceso en el cual se trabaja.

Es una de las herramientas preferidas por los equipos *six sigma* para encontrar la causa de uno o varios problemas; se inicia con una tormenta de ideas para buscar todas las posibles explicaciones sobre el sigma vigente, haciendo luego una reducción de la lista del actual desempeño y finalmente se valida la lista reducida de las razones evaluadas.

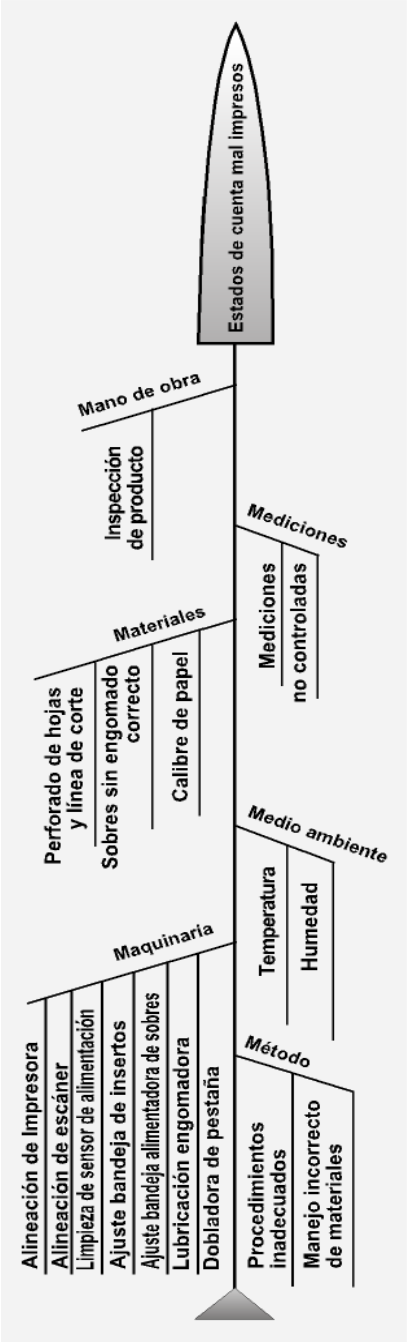
A continuación se encuentran los diagramas de causa-efecto para las áreas de impresión y ensobrado.

Figura 5. Diagrama de causa-efecto área de impresión



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diagrama causa-efecto área de ensobrado



Fuente: elaboración propia.

3.2. Proceso de impresión

El proceso de impresión se inicia con el ingreso de la orden de producción del cliente, estados de cuenta bancarios y de tarjetas de crédito; estos incluyen toda la información que se necesita procesar, es decir nombre del banco, tamaño de la orden, fecha, nombre y dirección de los destinatarios y transacciones realizadas; generándose entonces un archivo para iniciar así el proceso de impresión.

El proceso productivo comienza con la colocación de la bobina de papel en el portabobinas, el ancho de ella es el doble de una hoja tamaño carta o *green* (se le denomina así a una hoja de papel de dimensiones más pequeñas). Se imprime la primera cara de cada hoja, inmediatamente pasa por la volteadora para imprimir el dorso, después el papel se dirige a la máquina dobladora, lo que permite al operario formar bloques de 5 000 unidades o bien según el tamaño de la orden.

Los bloques en mención se colocan en el módulo de corte el cual divide cada hoja en dos iguales y cortando además las orillas perforadas del papel, luego se dirigen al módulo de doblado de hojas, se adjuntan los insertos y se ensobran para el posterior pegado del sobre, se arman los paquetes e identifican, y se envía la producto terminado al cliente generador de la orden de producción.

Es importante mencionar que las máquinas impresoras se han sometido a proceso de *overhall*, ambas en dos ocasiones, por lo que las máquinas están trabajando más allá de su vida útil. Una de las impresoras ya tiene los quince años de servicio y la otra, casi los doce.

3.3. Comportamiento y análisis del proceso

El comportamiento del proceso de impresión está establecido por los indicadores de control inherentes al mismo:

- En la entrada, la materia prima es aquella información que se va a procesar.
- Su proceso, se da con la impresión y ensobrado de la información.
- Al final se obtiene un producto con sus características propias de calidad.

Dentro de los indicadores que se deben controlar se mencionan:

- Calibre de papel
- Desperdicio de papel
- Velocidad de impresoras y ensobradoras
- Calidad de tintas para la impresión
- Calidad de los sobres, tamaño y engomado

Al visualizar el proceso, es posible analizar mediante la recolección de información, cómo difieren los indicadores de control respecto de las características de calidad deseadas, tanto del proceso de impresión como de ensobrado.

3.3.1. Capacidad del proceso según el índice C_p y C_{pk}

Los índices C_p y C_{pk} demuestran si un proceso puede satisfacer o no las especificaciones inherentes al mismo. Es decir permiten comparar la “voz del proceso” con la “voz del cliente”, a fin de tener la información sobre el grado de

cumplimiento del proceso con los requerimientos del cliente, obtener información tanto a corto como largo plazo, adquirir conocimientos y apreciar si están centrados o no.

La capacidad potencial del proceso –Cp- se define como la relación entre los límites de especificación o tolerancia y la variabilidad total del proceso, dadas por la desviación estándar. Su fórmula es la siguiente:

- Índice C_p : $C_p = (E_s - E_i)/6\sigma$, donde:
 - E_s = especificación superior
 - E_i = especificación inferior
 - σ =desviación estándar.

Es importante acotar algunos indicadores de importancia:

- Si $1,33 < C_p$, entonces se tiene un proceso satisfactorio.
- Si $1 < C_p < 1,33$, se dice que el proceso es poco satisfactorio y que podría cumplir con las especificaciones, su variabilidad es muy parecida a la amplitud de los indicadores establecidos.
- Si $C_p < 1$, se concluye que el proceso es inadecuado y no cumplirá con las especificaciones.

Un índice más significativo que toma en cuenta la posición del centro dentro de la distribución con respecto al de la especificación, es aquel que mide la habilidad del proceso (C_{pk}).

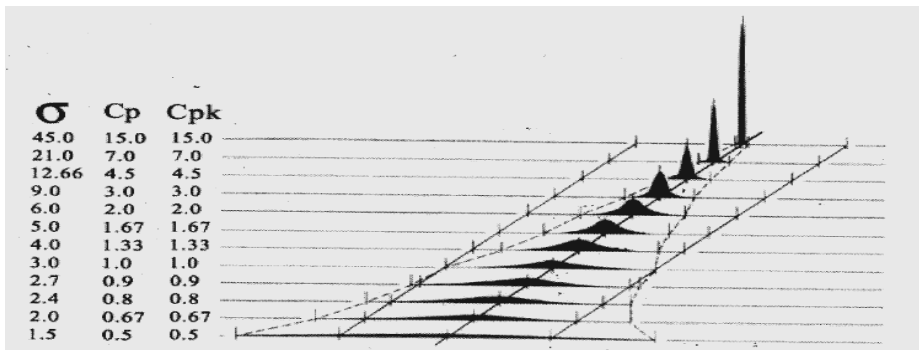
Casos posibles con y sin especificaciones:

- El proceso está bajo control y no existe producto defectuoso, $C_p > 1,33$.
- El proceso está bajo control pero hay productos defectuosos, $C_p < 1$.
- El proceso está fuera de control, pero no hay defectuosos, $C_p > 2$ ó más, como conclusión no debe producirse.
- El proceso está fuera de control y también hay unidades defectuosas, $C_p < 1$, se concluye entonces que el proceso y maquinaria están equivocados y no se debe producir bajo ninguna circunstancia ya que todas las condiciones son desfavorables.

Actualmente no existe un control de variables con la aplicación de técnicas estadísticas para la determinación, análisis y control para, la disminución de las variaciones.

En la siguiente figura se observa una relación entre los índices de capacidad y los niveles sigma, y el mejoramiento del proceso. A través del tiempo los índices de capacidad y niveles sigma van aumentando, lo que significa que la variación se va reduciendo y el proceso está mejorando.

Figura 7. **Relaciones entre los niveles sigma y los índices de capacidad Cp y Cpk**



Fuente: <http://pmlconsultores.com.ar/docs/Ingenieria>. [Consulta: 17/7/2010].

3.4. **Maquinaria y equipo de impresión**

El centro de transformación tecnológica de Central de Datos, consta de dos áreas de producción, y para alcanzar sus objetivos hacen uso de la siguiente maquinaria:

- Área de impresión:
 - Porta bobina para papel continuo: utiliza un eje central que alimenta automáticamente a la impresora.
 - Impresora: para imprimir anverso y reverso de los estados de cuenta.
 - Volteadora, luego de haber imprimido el anverso del papel, como su nombre lo indica, voltea de lado el papel continuo para imprimir el reverso.

- Dobladora: dobla el papel para formar bloques de hasta cinco mil unidades.
- Área de ensobrado:
 - Cortadora: divide cada hoja en dos de tamaño igual y quita orillas perforadas del papel.
 - Dobladora de hojas: dobla las hojas para introducirlas en los sobres.
 - Bandeja de insertos: alimentador de hojas con publicidad y/o promociones de los clientes que se adjuntan a estados de cuenta.
 - Bandeja de sobres: alimentador de sobres para estados de cuenta e insertos.
 - Ensobradora y selladora: introduce estado de cuenta e inserto en sobre y lo sella.
 - Bandeja de recepción de producto terminado: toma en orden secuencial el producto terminado para su posterior empaque.

3.4.1. Eficiencia de la línea de impresión

La eficiencia de las líneas de producción, impresión y ensobrado, se mide dividiendo el total producido entre la capacidad teórica de producción de la maquinaria, según especificaciones del fabricante.

Debe tomarse en cuenta que la capacidad teórica no incluye demoras, desperfectos, cambios de velocidades o de tamaño de papel.

3.4.2. Pérdidas por maquinaria

Estas pérdidas se pueden definir como las unidades que se pierden por la alineación de la maquinaria o como la cantidad de unidades que se dejan de producir por unidad de tiempo. Se clasifican de diversas formas (ver tabla V).

Tabla V. **Pérdidas por maquinaria**

PÉRDIDAS	OBSERVACIONES
Por desperfectos	Son pérdidas que reducen la producción en el tiempo o por productos con defecto.
Por ociosidad	Para evitar este tipo de pérdidas se requiere realizar acomodamientos necesarios de piezas para continuar con la producción. Estas privaciones son resultado de una falla eventual que frena la producción o por ociosidad de una máquina.
De arranque	Surgen como consecuencia del bajo rendimiento al iniciar la producción, desde el arranque hasta el equilibrio de la maquinaria.
Por acondicionamiento y montaje	Son pérdidas debidas a tiempos muertos como resultado de acondicionar y hacer montajes antes de un nuevo ciclo de producción.
De velocidad	Son ocasionadas por la velocidad estándar del equipo, según especificaciones de la maquinaria, y la velocidad de operación.
Por defectos de calidad y repetición de trabajos	Son producto del deterioro del equipo, son defectos de fácil corrección.

Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Paros mecánicos y operacionales

En el transcurso de un proceso productivo los paros mecánicos pueden ocurrir como consecuencia de un mal funcionamiento de la maquinaria o bien originarse por situaciones de orden operativo. Si se dan fallas mecánicas en la maquinaria existe la necesidad que intervenga de forma inmediata personal del departamento de mantenimiento; esto con la finalidad de evitar demoras en la producción, baja calidad de producto o incluso detener por completo el proceso de producción.

En cuanto a los paros operacionales se pueden mencionar aquellos que genera intencionalmente la mano de obra, por ejemplo: cambio de bobina, tóner de impresora, etc., asimismo los paros indirectos –o innecesarios- ocasionados por causas ajenas, como desperfectos de la maquinaria, recortes de energía eléctrica o por la inexperiencia de un operario.

3.4.4. Velocidades

El no ajustar las velocidades de las máquinas puede provocar serios problemas en la producción. En la línea de impresión las velocidades altas pueden causar mala adherencia de tinta en las hojas impresas; por otro lado, bajas velocidades pueden traer consigo problemas de ineficiencia tanto para la máquina de impresión como para la línea de producción, ocasionando por consiguiente una baja producción y entregas de producto terminado fuera de tiempo.

En el área de ensobrado, altas velocidades pueden provocar atascos de sobres e insertos; bajas velocidades también pueden provocar retrasos no deseados.

Es necesario decir que si la maquinaria está ajustada para trabajar con una velocidad normal que permite hacer el trabajo de manera eficiente, será únicamente de efectuar los controles e inspecciones que el caso amerite.

3.4.5. Arranques y cambio de formato de papel

Cuando se procede a efectuar cambio de bobinas de papel, sea de un cliente a otro o bien de tamaño de papel, ajustes de maquinaria, limpieza, etc., se consume tiempo en el cual la maquinaria está sin operar y se identifica como arranque de máquina; si esta variable no se controla puede afectar la eficiencia de producción. Para cada orden de producción es importante tomar en cuenta el tiempo de preparación, es decir, un tiempo estándar que no implique períodos ociosos prolongados y que permita mantener la producción según los estándares establecidos.

3.5. Mantenimiento

El realizar mantenimiento dentro de una planta puede decirse que es un mal necesario, ya que gracias a la ejecución de acciones oportunas es posible garantizar la existencia misma de la planta, de sus líneas de producción, el cumplimiento con los volúmenes de producción y por supuesto, los niveles de ventas. Por lo tanto el mantenimiento es una buena medida que garantiza la producción.

Gracias a esta actividad es posible cumplir con programas de calidad como *Six Sigma*, normas ISO 9 001:2 000 y Justo a Tiempo; por ende garantiza también la seguridad del personal.

3.5.1. Mantenimiento predictivo en *six sigma*

El objetivo central del mantenimiento predictivo es proveer información sobre la condición de la maquinaria y equipo, de manera precisa y oportuna para la toma de decisiones. La práctica del mantenimiento preventivo ha demostrado que puede reducir los tiempos ociosos no planeados y reducir la cantidad de fallas imprevistas e incrementar la confiabilidad en la operación, pero resulta que sus costos son muy elevados.

Por otro lado, el mantenimiento predictivo se lleva a cabo midiendo de forma periódica algunas variables físicas de las máquinas; estas se llevan a cabo durante la operación normal de la maquinaria y bajo sus condiciones de carga nominales y de velocidad; es decir, se realiza el cuadro clínico cuya evaluación hace viable la identificación de las condiciones reales de operación y de confiabilidad de todas las máquinas.

A través del uso de técnicas como: análisis de vibraciones, termografía infrarroja, ultrasonido activo y pasivo, análisis de corriente en motores, se determinan las condiciones de operación de los equipos. Para lograr implementar un sistema predictivo de mantenimiento en *six sigma*; la norma ISO 13 374-1 establece sobre las condiciones de monitoreo y diagnóstico de la maquinaria, que son necesarios seis pasos:

- Recopilación de datos
- Análisis de datos
- Detección de la condición
- Determinación de la condición de salud
- Pronóstico de condición
- Generación de avisos

Debido a que implementar un programa de mantenimiento predictivo es costoso, existen alternativas que pueden ser tomadas en cuenta:

- Con la subcontratación de empresas especializadas y dedicadas al mantenimiento predictivo, se pueden ver los resultados y beneficios de cada técnica de diagnóstico predictivo. Una gran ventaja es que los proveedores con tal de mantenerse competitivos en el mercado, siempre procuran contar con la instrumentación más moderna y actualizada; un gran inconveniente es su disponibilidad limitada ya que pocas empresas se dedican a prestar este tipo de servicios, de manera particular con experiencia en máquinas impresoras y de ensobrado.
- La compra de equipos de diagnóstico, debe ser contemplada dentro de un proyecto completo de implementación de mantenimiento predictivo; el tiempo de recuperación de la inversión y las estimaciones de costo-beneficio deben ser parte del proyecto. Es indispensable tener el personal calificado para operar de manera adecuada los equipos.
- Considerar la posibilidad de adquirir aquellos equipos de mayor frecuencia de uso y complementar con la subcontratación de servicios especializados.

Entre los retos que se presentan con el mantenimiento predictivo se mencionan:

- Lograr mejores resultados de ser posible con los mismos recursos o bien con menor cantidad de ellos.

- Generar diagnósticos cada vez más acertados, certificar al personal técnico, adicionar nuevas técnicas de diagnóstico.
- Automatizar los procesos de diagnóstico así como la utilización adecuada de los medios informáticos para la transferencia de datos y reportes.

3.5.2. Mantenimiento correctivo programado

Este tipo de mantenimiento ocurre cuando el equipo se encuentra fuera de condiciones normales pero que permite seguir con el funcionamiento de la maquinaria, efectuándose las correcciones necesarias en un tiempo prudente programado. Para el efecto, este se lleva a cabo cada millón y medio de unidades producidas.

En el área de procesos de impresión y ensobrado, se lleva a cabo este mantenimiento una vez al mes, o bien cada 1 500 000 unidades producidas.

3.5.3. Mantenimiento correctivo emergente

Esta forma de mantenimiento se realiza cuando la maquinaria para todo el proceso productivo, pudiendo afectar la calidad del producto, entregas de producto terminado fuera de tiempo e incluso reclamos posteriores del cliente. Cuando existe la necesidad de este tipo de mantenimientos, Central de Datos contrata servicios técnicos externos especializados en la maquinaria de impresión y ensobrado.

3.6. Costos

El costo sirve para fijar precios de venta de bienes o servicios, para tomar decisiones, valorar inventarios, controlar la eficiencia de las operaciones y contribuir al planeamiento, control y gestión de una empresa. Los costos pueden ser directos e indirectos; según la función que desempeñan puede dividirse en: costos industriales, comerciales y financieros. Según su variabilidad, se clasifican en fijos y variables. Aunque algunas veces haya que renunciar a ellos para alcanzar un objetivo específico (no perder al cliente).

3.6.1. Materia prima

Es un costo directo puesto que su incidencia monetaria puede establecerse con precisión. Básicamente, estos costos están concentrados en bobinas de papel, sobres y tintas.

3.6.2. Mano de obra directa

Es el valor del trabajo realizado por los operarios que contribuyen al proceso productivo. Los costos de mano de obra directa están en relación a dos rubros importantes: los de producción y los de mantenimiento interno.

3.6.2.1. Producción

Hace referencia a los costos de mano de obra, es decir los operarios que laboran en el área de producción, áreas de impresión y ensobrado.

3.6.2.2. Mantenimiento (proveedor interno)

Estos costos van relacionados con los operarios y el personal interno que efectúa los servicios menores. El costo de mantenimiento interno es aproximadamente del 1% del costo total de producción anual.

3.6.3. Maquinaria

Son los costos que están ligados con los tiempos que la maquinaria deja de producir, en caso de darse tiempos de paro u ociosos.

3.6.4. Proceso

Con estos costos se ha de tomar en cuenta aquellos que están en relación con los materiales que están parcialmente convertidos en producto terminado, que puede haber en cualquier momento.

3.6.5. Mantenimiento (proveedor externo)

Se incurre en este tipo de costos debido al mantenimiento que realizan empresas externas. Los mismos son cercanos al 2,19% de los costos anuales de producción.

4. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA

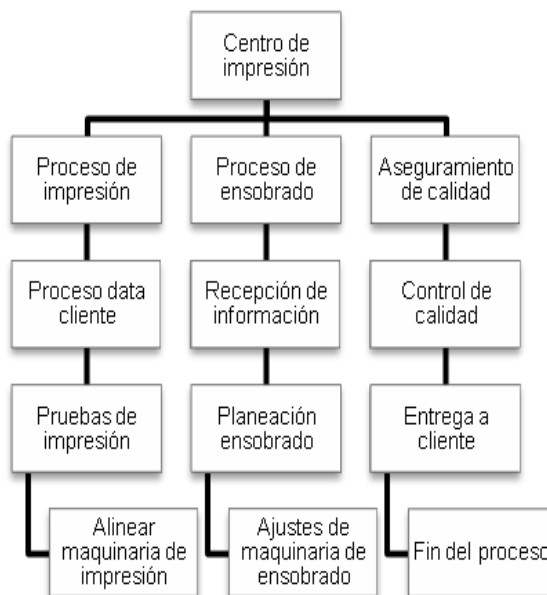
4.1. Six Sigma en un departamento de impresión

La metodología *six sigma* comprende las siguientes fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar los procesos.

4.1.1. Mapeo de procesos

En la primera etapa, para definir lo que está sucediendo, se presenta el mapeo de proceso y el diagrama de flujo de proceso (ver figura 8).

Figura 8. Mapeo de procesos áreas de impresión y ensobrado



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Factores de medición

Para conocer el nivel sigma del departamento de Impresión, son necesarios tres factores:

- Conocer la capacidad de producción de la línea de producción por unidad de tiempo.
- Establecer los factores críticos de calidad u oportunidades de generar una unidad con defecto.
- La cantidad total de unidades producidas con defecto.

En la siguiente tabla se presenta la capacidad de producción de los procesos de Central de Datos.

Tabla VI. **Capacidad de producción de la maquinaria de Central de Datos**

Proceso	Máquina	Capacidad
Impresión	Impresora	667 hojas/min
Ensobrado	Ensobradora	150 sobres/min

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

4.1.2.1. Factores o puntos críticos de calidad

Como resultado de la observación del mapeo de los procesos, se detectaron varios puntos críticos de calidad, los cuales obedecen a ciertas variables; los mismos se detallan a continuación en la tabla VII.

Tabla VII. Factores críticos de calidad

Proceso	Factor	Variable
Impresión	Papel	Calibre, tamaño, manchas tóner y aceite
	Tinta	Temperatura y humedad
	Impresión	Velocidad
Ensobrado	Corte de papel	Limpieza de sensores de corte
	Ajuste de papel	Alineación de escáners
	Introducción de insertos	Ajuste de perilla según calibre de papel
	Ajuste bandeja de sobres	Ajuste de perilla según calibre de papel
	Engomado de sobres	Lubricación de brocha y velocidad

Fuente: elaboración propia. Mapeo de procesos.

4.1.2.2. Nivel sigma del proceso

Para generar la línea de la base sigma se hace la recolección de datos. El método empleado determina qué es una unidad, un defecto y una oportunidad. Para este proyecto una unidad es la cantidad de unidades producidas en un determinado espacio de tiempo; un defecto puede originarse por diversos aspectos propios del proceso y el número de oportunidades es una por cada una de las maneras de generar un defecto.

Para calcular los defectos por millón de oportunidades se plantea la siguiente ecuación:

$$DPMO = \frac{(\text{número de defectos} \times 1\,000\,000)}{(\text{No.de unidades} \times \text{No.de oportunidades})}$$

Tabla VIII. **Muestreo de defectos en el proceso de producción de Central de Datos**

Proceso	Velocidad u/hr	Tiempo de muestreo	Producción (unidades)	Defectos por unidad	Oportunidad de error
Impresión	39 960	30 min	19 980	66	3
Ensobrado	9 000	30 min	4 500	76	5

Fuente: elaboración propia.

Muestra = treinta minutos en cada máquina ensobradora; con los datos obtenidos se realizó posteriormente el cálculo de los niveles sigma del proceso.

Con los datos recopilados del proceso de ensobrado y con la utilización de la tabla de conversión de la capacidad de un proceso al sistema *six sigma* (ver tablas anexos 9 y 10) se realizaron los siguientes cálculos:

- Cantidad producida: 4 500 unidades
- Defectos por tiempo de muestreo: 76
- Oportunidades de error: 5
- $DPMO = (76 \times 1\,000\,000) / (4\,500 \times 5) = 3\,378$
- Rendimiento = 98,65%

- Probabilidad de éxito (p) = rendimiento/100 = 0,9865
- Probabilidad de fracaso: $q=1-p$: $q = 0,0035$
- Nivel sigma a corto plazo (N_{scp}) = 4,20
- Nivel sigma a largo plazo (N_{slp}) = 2,70
- Índice de capacidad (C_{pk}) = 1,40

Para las máquinas impresoras y ensobradoras restantes se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla IX. **Nivel sigma del proceso de producción en Central de Datos**

Proceso	DPMO	Cpk	Rendimiento	p	q	NSCP	NSLP
Impresión	1 102	1,52	98,89%	0,9889	0,0111	4,56	3,06
Ensobrado	3 378	1,40	98,65%	0,9865	0,0135	4,20	2,70

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Del muestreo realizado para determinar el nivel sigma del proceso (en impresión y ensobrado), se presentan los defectos clasificados de acuerdo con los factores críticos de calidad, (ver tablas X y XI).

Tabla X. **Defectos de producción en el proceso de impresión**

DEFECTO	CANTIDAD	%
Atascos de impresora	55	84,10
Alineación impresora	7	10,83
Manchas tóner y aceite	4	5,07
TOTAL	66	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Defectos de producción en el proceso de ensobrado**

DEFECTO	ENSOBRADORA	%
Estado de cuenta no introducido a sobre	40	53,33
No dobló pestaña de sobre	14	18,67
Mal engomado de sobre	11	14,67
Hojas no separadas	6	8,00
Pieza no salió de módulo de alimentación	5	5,33
TOTAL	76	

Fuente: elaboración propia.

4.1.2.3. Costos de producción y operativos

En la tabla siguiente se muestran los costos de producción, los cuales incluyen los correspondientes a materia prima y mano de obra directa, asimismo se presentan los costos asociados al desperdicio incurrido.

Tabla XII. **Costos de producción y desperdicio en el proceso de impresión**

Mes	Costo de producción (%)	Costo de desperdicio (%)	Mes	Costo de producción (%)	Costo de desperdicio (%)
Julio	14,96	2,70	Octubre	14,33	2,68
Agosto	13,69	2,66	Noviembre	13,47	2,75
Septiembre	15,48	3,07	Diciembre	14,45	2,69

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XIII. **Costos de producción y desperdicio en el proceso de ensobrado**

Mes	Costo de producción (%)	Costos de desperdicio (%)
Junio	13,39	2,65
Julio	14,71	2,84
Agosto	13,46	2,70
Septiembre	15,22	3,01
Octubre	14,09	2,64
Noviembre	13,24	2,63
Diciembre	14,20	2,61

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

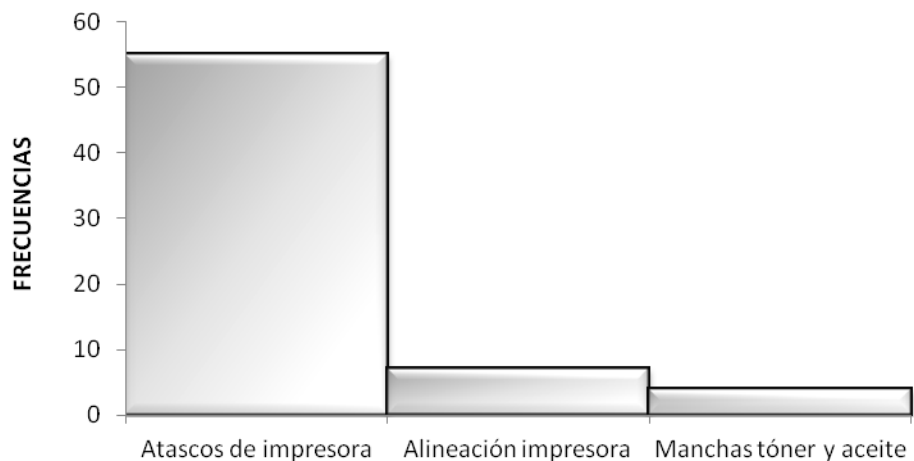
4.1.3. Análisis de información

A continuación se presenta el análisis de los resultados y procesos, el mismo se presenta haciendo uso de las herramientas propias de la estadística así como las posibles soluciones y su implementación técnica.

4.1.3.1. De resultados

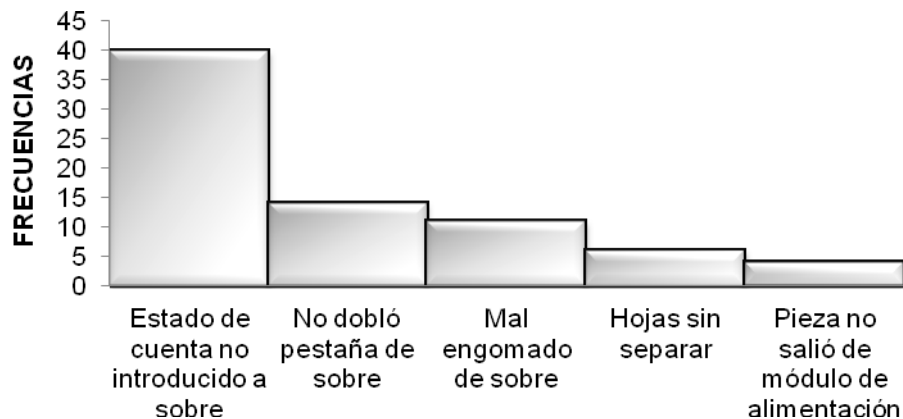
Otra de las etapas de la metodología *six sigma* se refiere a la fase de analizar, como resultado de los datos de la muestra tomada, se presenta a continuación el comportamiento a través de los diagramas de Pareto, correspondientes a los procesos de impresión y ensobrado. En dichas gráficas se aprecian en orden descendente las columnas que representan un tipo distinto de defecto.

Figura 9. Diagrama de Pareto de defectos en proceso de impresión



Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Figura 10. **Diagrama de Pareto de defectos en proceso de ensobrado**



Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

De acuerdo con el análisis de los resultados de los procesos de impresión y ensobrado, se identifican a continuación los defectos que tienen mayor relevancia en el desempeño de los mismos:

- Atascos de impresora
- Estado de cuenta no introducido a sobre
- Doblado de pestaña de sobre
- Engomado de sobre

Como resultado del análisis de los resultados de la muestra tomada, hace posible entonces, presentar una matriz con las probables soluciones a las causas raíz y cuáles de ellas son factibles llevar a su implementación. Esta parte corresponde a la fase de mejora de procesos en la metodología *six sigma*.

4.1.3.2. De procesos

Después de observar los defectos que tienen una mayor ocurrencia en los procesos de impresión y ensobrado, se procedió a realizar cambios, los cuales permitieron mejorar el proceso en forma significativa. Se presenta a continuación un resumen de las causas raíz y lo que se implementó.

Tabla XIV. Posibles soluciones de defectos de mayor ocurrencia

	CAUSA EFECTO	POSIBLE SOLUCIÓN
IMPRESIÓN	Alimentación de tóner	Ajuste de empaques caja tóner
	Alineación de impresora	Unificar órdenes según tamaño de papel
	Aceite	Verificar buen estado de empaques caja de aceite
ENSOBRADO	Limpieza sensor de alimentación	Revisar sensor de alimentador de hojas
	Ajuste bandeja de insertos	Estandarizar tamaño del papel adecuadamente
	Dobladora de pestaña	Verificar alineación dobladora pestaña
	Alineación de escáners	Estandarizar tamaño de sobres
	Ajuste de bandeja de sobres	Estandarizar tamaño de sobres
	Ajuste de bandeja de insertos	Estandarizar tamaño de insertos
	Lubricación de engomadora	Revisar brocha lubricadora
	Sobres sin engomado correcto	Revisar engomado de sobres

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Análisis técnico de las posibles soluciones de los procesos de impresión y ensobrado**

	POSIBLE SOLUCIÓN	IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA
IMPRESIÓN	Ajuste de empaques caja tóner	Ajustar los empaques ayuda a disminuir las manchas de tinta en el papel.
	Unificar órdenes según tamaño de papel	Realizar verificación de órdenes con tamaños de papel igual.
	Verificar buen estado de empaques caja de aceite	El correcto funcionamiento de los empaques de la caja de aceite disminuye las manchas de aceite en el papel.
ENSOBRADO	Revisar sensor de alimentador de hojas	Estandarizar marcas del papel para su fácil lectura en el mismo.
	Estandarizar tamaño del papel adecuadamente	Programar las órdenes de trabajo según los tamaños de papel.
	Verificar alineación dobladora pestaña	Alinear según el calibre de papel y orden de producción.
	Estandarizar tamaño de sobres	Programar la producción según órdenes de trabajo.
	Estandarizar tamaño de insertos	Se debe estandarizar tamaño de papel.
	Revisar brocha lubricadora	Revisar estado de brocha.
	Revisar engomado de sobres	Verificar que los sobres vayan engomados por parte del proveedor.

Fuente: elaboración propia.

Para tener un mejor acercamiento con los procesos se tomaron muestras, cuyos datos recolectados permiten apreciar de mejor forma los defectos que se producen durante el proceso de producción en el área de impresión y ensobrado. De acuerdo con el control estadístico efectuado, la información recolectada se presenta en tablas de muestreo, de distribución de frecuencias e histogramas.

Tabla XVI. **Defectos de producción en el proceso de impresión**

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
07:00	3	4	5	3	1
08:00	6	7	10	10	8
09:00	5	6	7	11	9
10:00	13	10	11	9	3
11:00	18	11	9	9	11
12:00	10	12	9	8	13
13:00	5	12	12	11	9
14:00	8	11	10	7	8
15:00	10	12	9	7	12
16:00	12	14	15	14	6
17:00	7	9	10	8	12
18:00	9	12	7	8	12

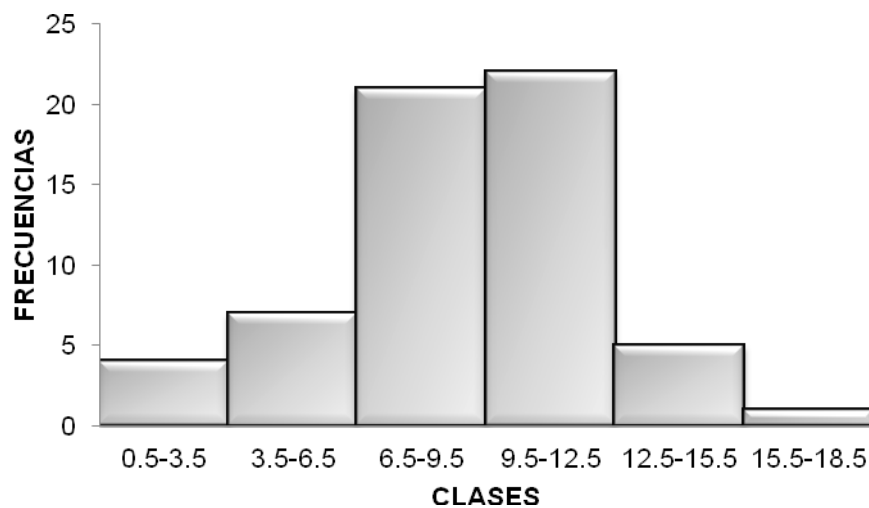
Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XVII. **Distribución de frecuencias de defectos en el proceso de impresión**

Límites reales	Fi	Xi	Media
0,5-3,5	4	3	aritmética $\bar{X} = 10$
3,5-6,5	7	6	
6,5-9,5	21	9	Desviación estándar $(\sigma)=3,17$
9,5-12,5	22	12	
12,5-15,5	5	15	
15,5-18,5	1	18	
Total	60		

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Histograma de frecuencias de defectos en el proceso de impresión**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Defectos de producción en el proceso de ensobrado

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
07:00	11	3	6	17	4
08:00	4	12	11	3	-
09:00	2	6	18	9	-
10:00	12	2	5	7	7
11:00	4	5	8	-	-
12:00	-	3	6	5	12
13:00	3	7	2	6	-
14:00	-	6	7	20	15
15:00	5	16	3	3	3
16:00	14	8	-	2	18
17:00	17	4	4	2	-
18:00	-	-	2	-	13

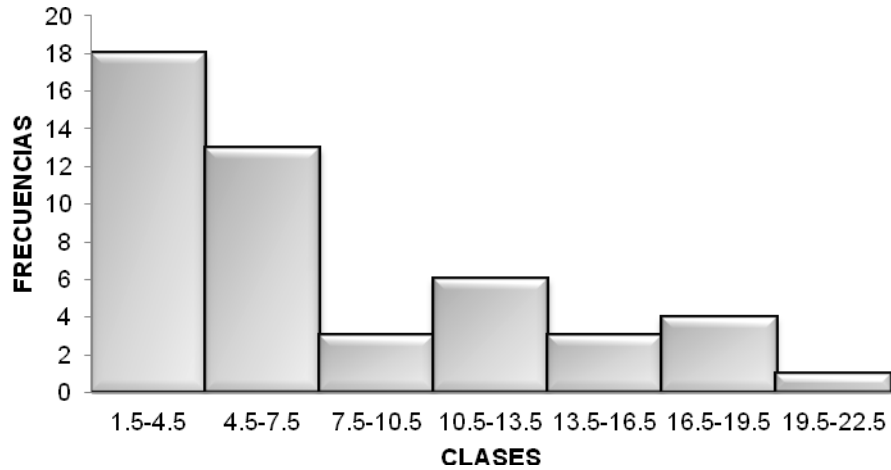
Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XIX. Distribución de frecuencias de defectos en el proceso de ensobrado

Límites reales	fi	Xi	Media aritmética 7,69
1,5-4,5	18	3	Desviación estándar (σ) 5,22
4,5-7,5	13	6	
7,5-1,5	3	9	
10,5-13,5	6	12	
13,5-16,5	3	15	
16,5-19,5	4	18	
19,5-22,5	1	21	
Total	48		

Fuente: elaboración propia.

Figura12. **Histograma de frecuencias de defectos en el área de ensobrado**



Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

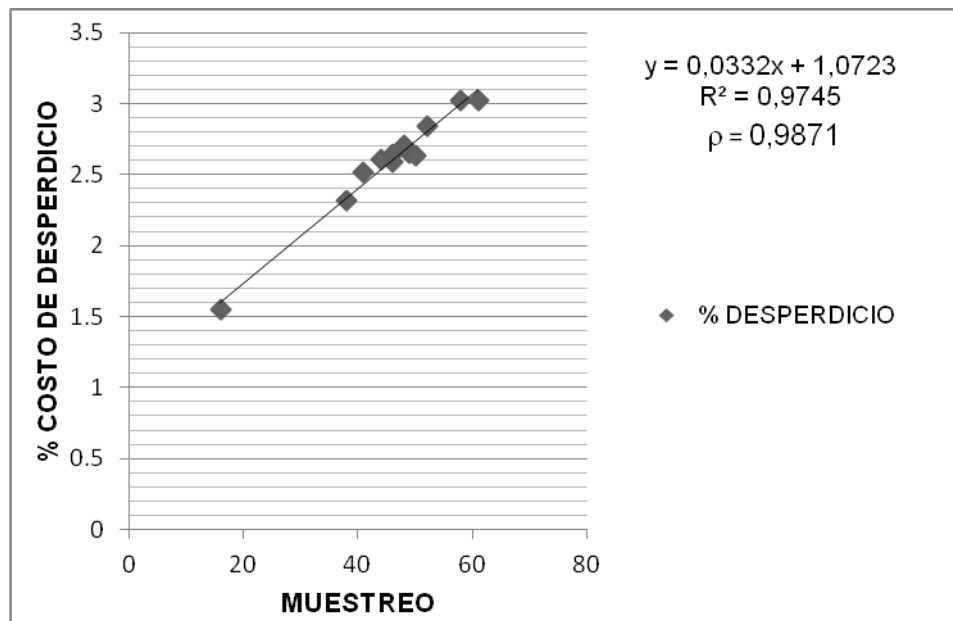
Se presentan a continuación la recta de regresión existente entre los valores tomados de la muestra y los costos de desperdicio.

Tabla XX. **Defectos de producción y costo de desperdicio en el área de impresión**

MUESTREO	% DESPERDICIO	MUESTREO	% DESPERDICIO
16	1,55	49	2,65
41	2,52	44	2,61
38	2,32	50	2,63
46	2,59	61	3,02
58	3,02	46	2,71
52	2,84	48	2,64

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Figura 13. **Diagrama de dispersión de muestreo proceso de impresión vrs. porcentaje de costos de desperdicio**



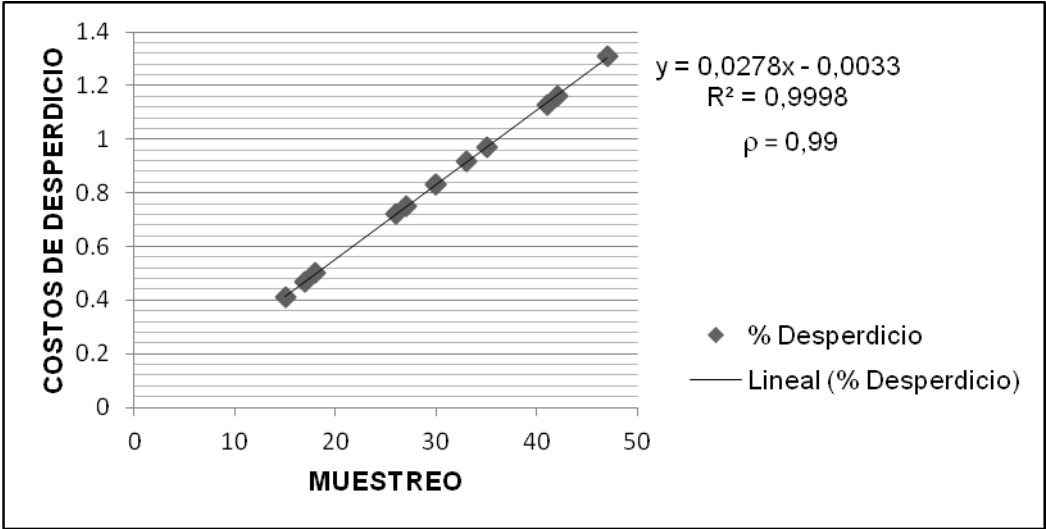
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Defectos de producción y costo de desperdicio en el proceso de ensobrado**

Muestreo	% Desperdicio	Muestreo	% Desperdicio
41	1,13	18	0,50
30	0,83	47	1,31
35	0,97	30	0,83
33	0,92	42	1,16
17	0,47	27	0,75
26	0,72	15	0,41

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Figura 14. **Diagrama de dispersión de muestreo proceso de ensobrado vrs. porcentaje de costos de desperdicio**



Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de correlación para cada uno de los procesos indica una correlación positiva, casi perfecta, es decir que los costos de desperdicio y la cantidad de materia prima desperdiciada son linealmente proporcionales.

4.1.4. Mejoras inmediatas y a largo plazo

Para la etapa de mejora continua en *six sigma* se presenta a continuación la matriz de análisis de modo y efecto de falla. En ella se muestran todas aquellas fallas potenciales que podrían presentarse así como los controles que pueden ejecutarse (ver tablas XX y XXI).

Tabla XXII. **Matriz AMEF, fallas potenciales y análisis de sus efectos en proceso de impresión**

Proceso	Posibles fallas	Efectos de la falla	S E V	Posibles causas	O C C	Control	D E T	R P N
Impresión	Atasco de papel	Desperdicio de papel	5	No se colocó el papel en forma adecuada	4	Revisar y ajustar rodillos	3	60
	El papel no circula con uniformidad	Desperdicio de papel	5	Alineación de impresoras	5	Ajuste de nivel	1	25
	Machas de tóner y aceite	Desperdicio de papel	5	Empaques de caja de aceite e inyectores están gastados o mal instalados	3	Chequeo de empaques de caja de aceite e inyectores	3	45
	Calibre de papel	Desperdicio de papel	5	Fuera de especificaciones	1	Revisar contra orden de compra	1	5
	Alimentación de tóner	No hay adherencia en el papel	5	Rodillo no quema bien, calibre de papel	2	Revisión de rodillo y calibre de papel	1	10
	Manejo incorrecto de materiales	Desperdicio de papel	5	Las bobinas de papel están mal almacenadas	4	Mejorar almacenaje para evitar lastimar las bobinas	3	60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Matriz AMEF, fallas potenciales y análisis de sus efectos en proceso de ensobrado**

Proceso	Posibles fallas	Efectos de la falla	S E V	Posibles causas	O C C	Control	D E T	R P N
Ensobrado	Corte de papel	Desperdicio de papel	5	Papel no fue bien colocado	1	Revisar módulo de corte	1	5
	Doblado de hojas	Atasco en módulo alimentador	5	Rodillo doblador desajustado	2	Ajustar rodillo	2	20
	Colocado de volantes o insertos	Insertos no adjuntos a estados de cuenta	5	Mala colocación en bandeja alimentadora	4	Ajustar bandeja alimentadora	3	60
	Meter en sobre	Sobre sin información	5	Bandeja alimentadora desajustada	5	Ajustar bandeja alimentadora	3	75
	Doblado de pestaña	Sobre sin sellar	5	Sellado y prensado inadecuado	3	Revisión de prensa selladora	3	45
	Pegado de sobre	Sobre sin sellar	5	Sobre sin pegamento o falta de lubricación dispositivo sellador	3	Revisar pegado y lubricación	5	75
	Calibre de papel	Desperdicio de papel	5	Alineación de ensobradoras	1	Mantener alineadas las impresoras	1	5

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Métodos de control

A partir de que se establecieron los factores críticos de calidad, se conocieron las variables que pueden afectar los procesos y que generan defectos. El método técnico de control se basa en el volumen del desempeño del proceso y de estandarización que posee, para mantener lo implementado dentro de los parámetros resultantes, como parte de la segunda muestra tomada.

Tabla XXIV. Defectos en el proceso de impresión

Defecto	Cantidad
Atascos de impresión	462
Alineación impresoras	56
Manchas de tóner y aceite	31

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XXV. Defectos en el proceso de ensobrado

Defecto	Cantidad
Estado de cuenta no introducido a sobre	195
No dobló pestaña de sobre	65
Mal engomado de sobre	54
Hojas sin separar	27
Pieza no salió de módulo de alimentación	21

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XXVI. **Defectos por millón de oportunidades (DPMO) en los procesos de producción**

Proceso	Defectos por unidad	Oportunidad de error	DPMO
Impresión	549	3	384
Ensobrado	362	5	671

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Tabla XXVII. **Nivel sigma y rendimiento en los procesos de producción**

Proceso	DPMO	Cp	Cpk	Rendimiento	p	q	NSCP	NSLP
Impresión	384	1,62	1,62	99,96%	0,9996	0,0004	4,87	3,40
Ensobrado	671	1,57	1,57	99,93%	0,9993	0,0007	4,70	3,20

Fuente: elaboración propia. Muestreo en producción.

Al observar las tablas IX y XXVII, se advierte que se me mejoró en el rendimiento de los procesos de impresión y ensobrado; asimismo, los niveles sigma a corto y largo plazo tienen un comportamiento similar. De forma parecida pueden observarse los datos de las tablas X y XXIV, XI y XXV, donde los tipos de defectos son recurrentes en las mismas proporciones, con la salvedad de que el proceso está mejorado. Otro componente de la etapa controlar en *six sigma* es la creación de una superficie de respuesta, (ver tabla XXVIII). Este describe las medidas, metas y especificaciones más importantes para el nuevo proceso, los métodos de control y las mejoras más notables del mismo.

Tabla XXVIII. Superficie de respuesta

Diagrama ideal	Mediciones	Metas/ Especificaciones	Método De toma de datos	Método de control	Mejorar el proceso
<pre> graph TD A[Central de Datos] --> B[Proceso de impresión] B --> C[Proceso data cliente] C --> D[Impresión] D --> E[Dobladora] E --> F[Proceso de ensobrado] F --> G[Módulo de corte] G --> H[Módulo de doblado] H --> I[Colocar insertos] I --> J[Cerrar sobre] J --> K[Control de calidad] K --> L[Entrega a cliente] </pre>	Defectos	Reducir cantidad de defectos Reducir cantidad de desperdicio	Toma de datos de distribución de frecuencias	Histogramas	Calificar según valores Cpk, Nscp y Nslp

Fuente: elaboración propia.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

5.1. Necesidad de la aplicación

Se justifica la aplicación de metodología *Six Sigma* en un Centro de Proceso Tecnológico de Información, dada la naturaleza del proceso productivo que se lleva a cabo en Central de Datos, ya que los desperdicios que se están generando hacen aumentar los costos de producción; por ende, es importante disminuir los defectos por cada millón de oportunidades que se tiene al sacar un nuevo producto impreso y crear de esta forma un sistema productivo más limpio.

5.2. Determinación del departamento de aplicación

Al observar las fallas recurrentes en los procesos de impresión y ensobrado, se determinó la importancia de llevar a cabo en ambos la implementación de la metodología *six sigma*, de tal forma que permitiera tener una herramienta para poder medir el nivel de desempeño; es decir, comparar la “voz del proceso” con la “voz del cliente” a fin de tener la información sobre el grado de cumplimiento del proceso con los requerimientos del cliente, obtener información tanto a corto como largo plazo, adquirir conocimientos del proceso y apreciar si, de acuerdo a los parámetros del mismo, está centrado o no.

5.3. Definición de fases de implementación

Para lograr una mejora continua en sus procesos, como parte de su estrategia de calidad, Central de Datos ha facilitado la implementación de la metodología *Six Sigma*. Habiendo seguido los pasos de selección y capacitación del equipo, *Six Sigma*, asignando y capacitando al campeón del proyecto, el maestro cinturón negro, y los cinturones negro, verde y amarillo, respectivamente.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Impacto auditivo en el centro de impresión debido a la maquinaria

Hay que empezar por definir el ruido, el cual es un sonido no deseado. Las ondas sonoras se originan por la vibración de algún objeto, lo que establece una sucesión de ondas de compresión o expansión a través del medio que las soporta. Siendo el viento, el agua y otros.

La unidad de intensidad del sonido es el decibel. Cuando crece la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido en la escala de decibeles.

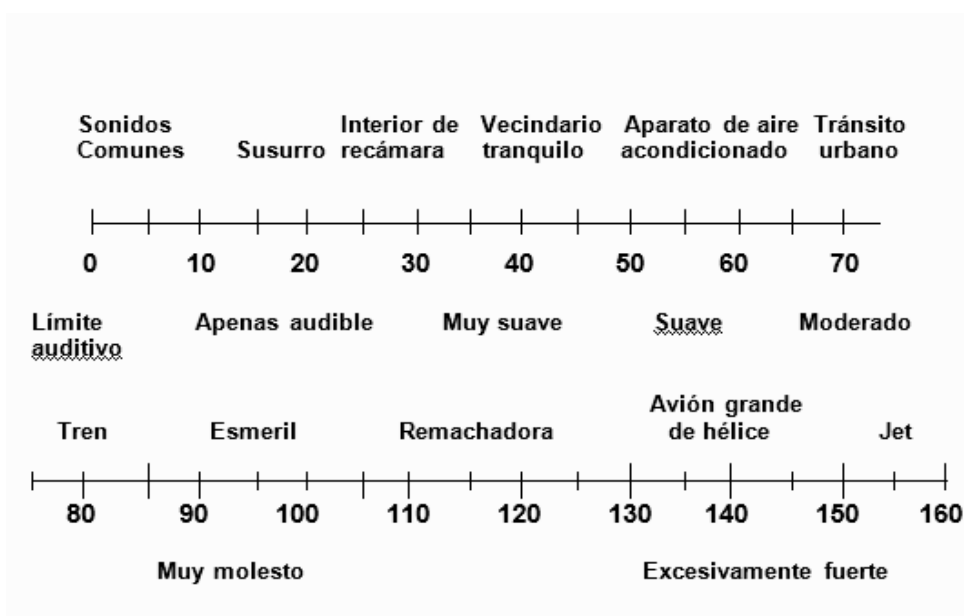
El sonido es la vibración mecánica de las moléculas de un gas, de un sólido o de un líquido que se propaga en ondas y que es percibido por el oído humano; mientras que ruido es todo sonido no deseado que produce daños fisiológicos y/o psicológicos.

Entre los ruidos existen de tipo continuo, por ejemplo el de un motor eléctrico; intermitente, el accionar de un taladro; y de impacto, es decir, una elevación brusca de ruido en un tiempo menor de 35 milisegundos; por ejemplo el impacto de un vehículo con otro; el arranque de un compresor.

Como consecuencia de una exposición a ciertos niveles de ruido, esto puede provocar en la salud del ser humano un aumento en la tensión, trastornos cardíacos, estomacales, nerviosos, fatiga, insomnio y disminución de la libido o deseo sexual.

El oído humano es sensible a los sonidos cuyos niveles de presión acústica están comprendidos entre los 0 decibeles mínimo audible, y los 120 decibeles, umbral de dolor. En la siguiente figura se muestran valores en dB, producidos por los sonidos más comunes.

Figura 15. **Valores en decibeles de los sonidos más comunes**



Fuente: NIEBEL, Benjamin W. Ingeniería Industrial, métodos, tiempos y movimientos. P. 266.

Otro factor importante para valorar el riesgo por exposición al ruido es la intensidad que está relacionada con el valor en decibeles. Un ruido que produzca dolor es 100 billones de veces mayor que el sonido más débil que se pueda oír. Dicha afirmación se observa en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Intensidad sonora**

VARIACIÓN DE INTENSIDAD (KPa)	EJEMPLO DE RUIDO	Db
1	Umbral de audición	0
10	Muy silencioso	10
100	Susurro	20
1000	Ruido muy suave	30
10000	Interior de una recámara en silencio	40
100000	Conversación en voz baja	50
1000000	Aparato de aire acondicionado	60
10000000	Oficina o tienda	70
100000000	Lavadora, calle con tráfico intenso	80
1000000000	Esmeril	90
10000000000	Martillo neumático, industria textil	100
100000000000	Remachadora, concierto de rock	110
1000000000000	Juegos artificiales	120
10000000000000	Avión reactor despegado	130

Fuente: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/protocols/protocoloderuido1>. [Consulta: 3/7/2011].

Según la legislación internacional, que no permite ninguna exposición a ruido continuo o intermitente que sobrepase los 140 dB, de los valores permisibles de ruido y teniendo en cuenta al organismo internacional que en materia de higiene industrial ha desarrollado los criterios de evaluación con la mayor aceptación a nivel mundial, se presenta a continuación el criterio de los valores de umbral límites (ver tabla XXX).

Tabla XXX. **Valores TLV para ruido continuo**

EXPOSICIÓN DIARIA (hrs.)	NPS PERMITIDO EN dB
24	80
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
½	97
¼	100

Fuente: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/protocols/protocoloderuido1>. [Consulta: 3/7/2011].

Luego de haber considerado aspectos básicos del impacto auditivo que pueda existir en los empleados de Central de Datos, se realizaron mediciones del ruido ocasionado por las máquinas de impresión y ensobrado.

El levantamiento de datos se realizó cuando la maquinaria estaba trabajando con su máxima capacidad, con un sonómetro marca Pro'skit, modelo MT-4008, que trabaja con normas IEC 651 *Type II* y ANSI S1.4 *Type II* (Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. Nivel de presión sonora en Central de Datos

NPS MEDIDO EN dB ÁREA DE IMPRESIÓN		NPS MEDIDO EN dB ÁREA ENSOBRADO	
MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
72,7	83,3	84,3	85,5
73,0	78,9	86,6	87,7
71,2	79,7	84,1	85,3
71,8	81,5	85,6	87,3
72,5	80,4	86,6	87,8
Σ=72,24	Σ=80,76	Σ=85,44	Σ=86,72
PROMEDIO=76,5		PROMEDIO=86,08	

Fuente: elaboración propia. Medición realizada en Central de Datos.

6.2. Medidas de prevención y reducción del ruido

Para controlar el ruido y promover su reducción, comúnmente se recomienda realizar el control respectivo, enfocando los esfuerzos en tres puntos, en la fuente, el medio y la persona. En el caso de Central de Datos, dado que no hay vibraciones debido a la maquinaria, solamente se realizan las recomendaciones correspondientes al personal:

- Capacitación y entrenamiento
- Motivación
- Hábitos
- Revisión médica
- Rotación
- Jornadas de trabajo

- Elementos de protección personal, uso de tapones. Tomando en cuenta la TRR (tasa de reducción de ruidos) el cual mide la efectividad de los tapones.

6.3. Ventilación e iluminación

En todo tipo de industria se requiere de una buena ventilación. El aire que se respira debe poseer la calidad necesaria para no afectar la salud del hombre. La calidad del aire está determinada por la concentración de agentes contaminantes, es decir, la presencia de partículas tales como polvo, humos, detergentes, gases, vapores, hornos, secadores y el calor que libera el cuerpo humano de los operarios que laboran dentro del edificio.

Al hablar de ventilación se analiza el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior. Por tanto, lo que se efectúa es un balance térmico, ya que se mantiene la temperatura interior constante, teniendo como beneficiarios al proceso y los operarios.

En el interior de Central de Datos, la temperatura es controlada por termómetros marca Honeywell y la ventilación es proporcionada por sistema de ventilación marca Carrier. En el área de impresión existen 24 salidas de aire acondicionado y 12 extractores, manteniendo la temperatura promedio en 15,6°C; mientras que en el área de ensobrado hay un total de 14 salidas y 9 extractores, la temperatura promedio se mantiene en 21,67°C.

Otra característica importante en un proceso fabril es la iluminación, ya que la eficiencia de los trabajadores depende, en condiciones normales, de la calidad de iluminación en el área de trabajo. La facilidad de la visión depende de un buen alumbrado natural o artificial.

La unidad que sirve para medir la iluminación es el *lux* (*lumen/m²*) y mide la intensidad con la cual incide la luz sobre una superficie localizada a un pie o un metro de distancia de una fuente de luz.

La iluminación depende de diferentes factores:

- Del tamaño de los detalles a distinguir.
- Del contraste de luminancia o del color de los detalles importantes en relación con su fondo inmediato.
- De la velocidad y precisión requerida en la ejecución.
- Del tiempo durante el cual haya de efectuarse la labor sin interrupción.

Existen métodos para calcular el nivel lumínico, el número de luminarias y otros factores necesarios para establecer un diseño de alumbrado eléctrico; entre estos se mencionan los siguientes:

- Método de iluminación horizontal: se emplea para calcular el nivel lumínico sobre el plano de trabajo.
- Método de utilización o rendimiento: toma en cuenta las dimensiones del espacio que se va a iluminar, no importando si el tipo de alumbrado es directo, semidirecto, indirecto o difuso.
- Método de cavidad zonal, es el más moderno, recomendado por la IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*), indica los niveles de iluminación recomendados para trabajos específicos.

- Para su aplicación deben seguirse los siguientes pasos:
 - Determinar el tipo de trabajo que se desarrollará;
 - Indicar el tipo de fuente luminosa que deberá usarse;
 - Qué condiciones ambientales prevalecerán en el área;
 - Cuáles son las características físicas u operacionales del área y cómo se usará;
 - Seleccionar el luminario que se utilizará, tomando en cuenta la altura del montaje, restricciones físicas del montaje (colgante, empotrado, abierto, cerrado, etc.), mantenimiento requerido, costo, tamaño y peso, y aspecto estético;
 - Estimar los factores de depreciación de luz para el área; los factores de pérdida, no recuperables (temperatura ambiental, el voltaje de alimentación, características del balastro y de las superficies de la luminaria. Los factores recuperables son la depreciación lumínica de la lámpara, las lámparas fuera de operación, depreciación de la luminaria debida al polvo, depreciación de la superficie del local debido al gas de la lámpara. Se refiere al factor de mantenimiento, K' ;

- Cálculos de las relaciones de cavidad; cavidad cielo, cavidad ambiente y cavidad piso; reflectancias efectivas de techo y piso, coeficiente de utilización (dato proporcionado por el fabricante de la luminaria que se utilizará) y el número de lámparas requeridas;
- Relación cavidad ambiente: $RCA = 5H_{ca} (L+W)/LW$, donde H_{ca} es la altura de la cavidad ambiente, L es longitud y W es ancho;
- Relación cavidad cielo: $RCC = 5H_{cc} (L+W)/LW$, donde H_{cc} es la altura de la cavidad cielo, L es longitud y W es ancho;
- Relación cavidad piso: $RCP = 5H_{cp} (L+W)/LW$, donde H_{cp} es la altura cavidad piso, L es longitud y W es ancho;
- El flujo lumínico total se calcula con la ecuación: $\phi = E \cdot S / K \cdot K'$, donde ϕ es el flujo lumínico total, E la iluminancia en lux, S la superficie en metros cuadrados, K el coeficiente de utilización y K' el factor de mantenimiento;
- El factor de mantenimiento que toma en cuenta la suciedad y la disminución de la luz debido al envejecimiento, se estima entre valores de 0,5 y 0,8;
- Se calcula el espaciamiento máximo de lámparas de acuerdo al principio de uniformidad para encontrar el número de lámparas necesitadas. Espaciamiento máximo = $1,25 H_{ca}$;

- Se calcula el flujo por lámpara dividiendo el flujo total entre el número de lámparas y se selecciona el tubo o bombilla adecuados que proporcionen el flujo mínimo requerido.
- Método pie-candela, es una gráfica de valores y para su uso se necesita una regla y su respectiva gráfica.

Un aspecto que es importante tomar en cuenta son los factores de peso, los cuales sirven para escoger entre los límites establecidos en los rangos de iluminancia; dichos factores se refieren a la edad, velocidad y reflectancia de los alrededores.

En la sección de anexos se presentan las tablas con recomendaciones de la Illuminating Engineering Society of North America, sobre los niveles y el tipo de iluminación de interiores. Para el efecto fueron aplicadas estas tablas en las áreas de Impresión y ensobrado; se utilizó el método de cavidad zonal, recomendado por la IESNA, presentando los datos a continuación.

Tabla XXXII. **Coefficientes de reflexión en Central de Datos**

ÁREA IMPRESIÓN	COLOR	REFLEXIÓN (%)
Paredes (Pp)	Beige	70
Piso (Pf)	Gris	50
Cielo o techo (Pc)	Beige	80
ÁREA ENSOBRADO		
Paredes (Pp)	Beige	70
Piso (Pf)	Blanco	80
Cielo o techo (Pc)	Beige	80

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo las recomendaciones de la tabla presentada en el anexo 4, de categorías y valores de iluminancia para tipos genéricos de actividades en interiores, se clasifica el ambiente del tipo D, con tres potenciales valores, 200-300-500 (Lux); luego de la tabla del anexo 5, de factores de peso, la edad promedio de los trabajadores es de 30 años, -1; exactitud importante, 0; 70% de reflectancia en los alrededores, 0. La suma de estos factores de peso da -1, por lo que se usará el valor medio de 300 lux.

A continuación se calculan los valores de relaciones de las cavidades cielo, ambiente y piso.

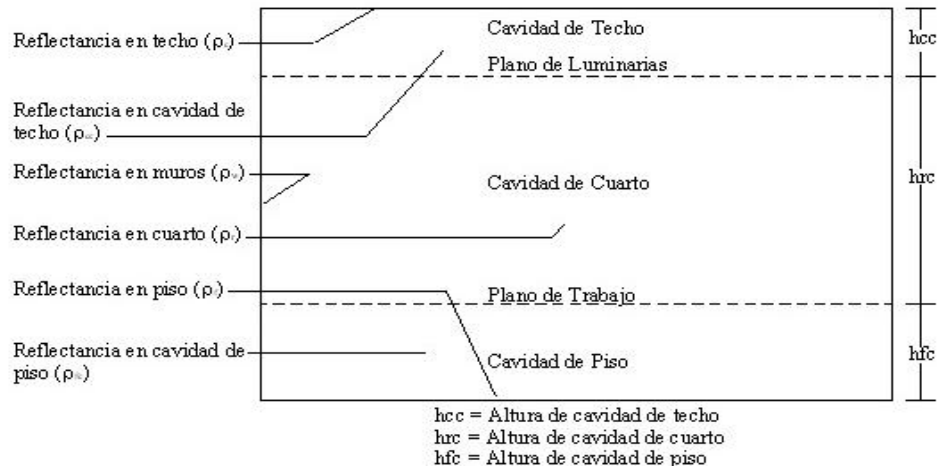
Tabla XXXIII. **Altura cavidades cielo, ambiente y piso**

ÁREA	Hcc (m)	Hca (m)	Hcp (m)
Impresión	0	1,6	0,90
Ensobrado	0	2,0	1,00

Fuente: elaboración propia.

También puede verse en la figura 19, que muestra esquemáticamente las relaciones de cavidad cielo, ambiente y piso.

Figura 16. **Relaciones de cavidades cielo, ambiente y piso**



Fuente: <http://www.simcli-iluminacion.com/apuntes.html>. [Consulta: 7/7/2011].

Los cálculos de las relaciones de cavidad cielo, ambiente y piso se presentan a continuación:

Tabla XXXIV. **Cálculos de relaciones de cavidad**

Área de impresión	Área de ensobrado
Superficie de 16m x 9,5m	Superficie de 11,8m x 10,85m
RCC = 0	RCC = 0
$RCA=5(1,6)(9,5+16)/(9,5)(16) = 1,34$	$RCA=5(2)(11,8+10,85)/(11,8)(10,85) = 1,77$
$RCP=5(0,90)(9,5+16)/(9,5)(16) = 0,75$	$RCP=5(1)(11,8+10,85)/(11,8)(10,85) = 0,88$

Fuente: elaboración propia.

De la tabla correspondiente al anexo 8, de reflectancias efectivas de cavidad cielo y piso se halla la reflexión efectiva de la cavidad cielo. Para el área de impresión con $P_c=80\%$, $P_p=70\%$ y $RCC=0$, se obtiene $P_{cc}=80\%$. Para el área de ensobrado con $P_c=80\%$, $P_p=70\%$ y $RCC=0$, entonces $P_{cc}=80\%$.

De la tabla contenida en el anexo 9, de coeficientes de utilización, con alumbrado directo del 100% hacia abajo se tiene que para el área de impresión con los valores de $P_{cc}=80\%$, $RCA=1,34$ y $P_p=70\%$, se obtiene $K=0,71$.

Para el área de ensobrado con $P_{cc}=80\%$, $RCA=1,77$ y $P_p=70\%$, se tiene que $K=0,68$. Ambos resultados de K se obtuvieron interpolando los valores de la tabla de coeficientes de utilización, ya que no da cantidades exactas para los valores resultantes de RCA ; los cálculos se muestran a continuación:

Tabla XXXV. **Interpolación de valores del factor de utilización**

Impresión		Ensobrado	
1,00	0,73	1,00	0,73
1,34	K	1,77	K
2,00	0,67	2,00	0,67
$(1,34-1)/(K-0,73)=(2-1)/(0,67-0,73)$ K=0,71		$(1,77-1)/(K-0,73)=(2-1)/(0,67-0,73)$ K=0,68	

Fuente: elaboración propia.

Ahora debe hallarse la reflectancia efectiva del piso P_{cp} con la tabla correspondiente al anexo 8, de reflectancia de cavidad cielo y de piso.

Para el área de impresión, Pf=50%, Pp=70% y RCP=0,75; aproximándose este valor a 0,8, se obtiene Pcp=47%. En cuanto al área de ensobrado, Pf=80%, Pp=70%, RCP=0,88; aproximándose este valor a 0,9, dando como resultado Pcp=72%.

Puesto que Pcp es mayor del 20% para ambos casos, habrá que aplicar el factor de corrección de la tabla correspondiente al anexo 10, de factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de piso del 30%.

Para el área de impresión se utiliza Pcc=80%, Pp=70% y RCA=1,34; dando como resultado el factor de corrección igual a 1,09. En el área de ensobrado se toma Pcc=80%, Pp=70% y RCA=1,77; obteniendo un factor de corrección de 1,08.

A continuación se presentan los cálculos de interpolación del factor de corrección (ver tabla XXXVI).

Tabla XXXVI. **Interpolación de valores del factor de corrección**

Impresión		Ensobrado	
1,00	1,09	1,00	1,09
1,34	X	1,77	X
2,00	1,08	2,00	1,08
$(1,34-1)/(X-1,09)=(2-1)/(1,08-1,09)$ $X=1,09$		$(1,77-1)/(X-1,09)=(2-1)/(1,08-1,09)$ $X=1,08$	

Fuente: elaboración propia.

Teniendo el factor de corrección para cada una de las áreas de Central de Datos, se calcula el factor de utilización definitivo, siendo de la siguiente forma:

- Impresión: $K=0,71 \times 1,09= 0,77$
- Ensobrado: $K=0,68 \times 1,08=0,73$

Ahora se encuentra el flujo lumínico total con la ecuación: $\phi = E \cdot S / K \cdot K'$; se toma el factor de mantenimiento como $K'=0,7$; los resultados son los siguientes:

- Impresión: $\phi = 300(9,5)(16)/(0,77)(0,7) = 84\ 601$ lúmenes
- Ensobrado: $\phi = 300(11,8)(10,85)/(0,73)(0,7)= 75\ 164$ lúmenes

Para cumplir con los requisitos de uniformidad, se adopta el criterio de espaciamiento máximo = $1,25 Hca$, siendo los resultados siguientes:

- Impresión: espaciamiento máximo: E.M. = $1,25 \times 1,6 = 8$ m
- Ensobrado: espaciamiento máximo: E.M. = $1,25 \times 2 = 2,5$ m

Para conocer el número de lámparas a lo largo, se encuentra el mismo dividiendo la longitud total de cada área entre el espaciamiento máximo:

$$\text{Número de lámparas a lo largo} = \text{longitud} / \text{E.M.}$$

Para el caso del número de lámparas a lo ancho, se divide el ancho total de cada espacio entre el espaciamiento máximo:

$$\text{Número de lámparas a lo ancho} = \text{ancho} / \text{E.M.}$$

Después se multiplican ambos valores y nos dará como resultado el total de lámparas necesarias, es decir:

Número total de lámparas= lámparas a lo largo x lámparas a lo ancho.

Se presentan a continuación los cálculos correspondientes:

- Impresión:
 - Lámparas a lo largo = $16/2 = 8$
 - Lámparas a lo ancho = $9.5/2 = 4,75$
 - Total lámparas = $8 \times 4,75 = 38$ lámparas

- Ensobrado:
 - Lámparas a lo largo = $11,80/2,50 = 4,72$
 - Lámparas a lo ancho = $10,85/2,50 = 4,34$
 - Total lámparas = $4,72 \times 4,34 = 20,48 \cong 21$ lámparas

Finalmente se encuentra el flujo mínimo por cada lámpara; este valor se obtiene dividiendo el flujo lumínico total de cada área entre el número total de lámparas:

Flujo mínimo/lámpara: $\phi_l = \text{flujo lumínico total}/\text{número total de lámparas}$

- Impresión: $\phi_l = 84\ 601/38 = 2\ 226,34$ lúmenes
- Ensobrado: $\phi_l = 75\ 164/21 = 3\ 579,23$ lúmenes

En el área de impresión para cubrir la necesidad de iluminación por economía y durabilidad, el tipo de lámpara recomendada es tipo U de 40W con capacidad de 3 000 lúmenes iniciales y vida útil de 12 000 horas.

En cambio para el área de ensobrado se recomiendan dos opciones: utilizar lámparas *slimline* de 56W con capacidad de 4 400 lúmenes iniciales y vida útil de 12 000 horas, o bien utilizar 26 lámparas tipo U de 40w con capacidad de 3 000 lúmenes iniciales y 12 000 horas de vida útil; siendo esta última opción la más recomendable puesto que la potencia a consumir es menor, de igual forma su capacidad lumínica estará más ajustada a las necesidades, 2 836 lúmenes adicionales a los necesitados, según el estudio realizado. Otra opción recomendada consiste en la instalación de luminarias LED de 15W de 1,20m, las cuales tienen una vida útil de 50 000 horas.

La situación actual de iluminación en Central de Datos muestra un panorama muy por encima de los requerimientos mínimos necesitados. En las tablas XXXVII y XXXVIII se presenta un resumen de la capacidad lumínica instalada y utilizada, respectivamente.

Tabla XXXVII. **Capacidad lumínica real instalada en Central de Datos**

Área	Unidades Instaladas	Lámparas tipo U por unidad	Total de lámparas	Lúmenes por lámpara	Capacidad instalada (lúmenes)	Capacidad mínima requerida (lúmenes)	Capacidad en exceso instalada (lúmenes)
Impresión	58	2	116	3 000	348 000	84 601	263 399
Ensobrado	54	2	108	3 000	324 000	75 164	248 836
Σ	112		224		672 000	159 765	512 235

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Capacidad lumínica utilizada en Central de Datos**

Área	Unidades utilizadas	Lámparas tipo U por unidad	Total de lámparas	Lúmenes por lámpara	Capacidad utilizada (lúmenes)	Capacidad mínima requerida (lúmenes)	Capacidad en exceso utilizada (lúmenes)
Impresión	30	2	60	3 000	180 000	84 601	95 399
Ensobrado	22	2	44	3 000	132 000	75 164	56 836
Σ	52		104		312 000	159 765	152 235

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en los datos de la tabla anterior, al comparar la capacidad utilizada de 312 000 lúmenes con la mínima requerida de 159 765 lúmenes, es factible en Central de Datos, un ahorro significativo en el rubro de energía eléctrica, alrededor del 48% de consumo en cuanto a iluminación.

6.4. Amplitud espacio físico

La amplitud de las áreas de trabajo debe estar aprovechada al máximo de tal forma que no existan obstáculos de materiales o herramientas en los corredores de tránsito de operarios, materia prima, producto terminado, empaque y áreas de carga y descarga.

Se deberá disponer por lo tanto de los adecuados diagramas de recorrido y flujo de proceso; para poder así eliminar fatigas y demoras que áreas reducidas de trabajo puedan causar.

6.5 Ambientación visual

En un área industrial es importante que se utilicen colores para una indicación inmediata de los peligros y su fácil identificación. Pueden usarse también para indicar la localización de los dispositivos y del equipo que sea de especial importancia desde el punto de vista de seguridad. Hay que agregar que los colores de seguridad como tal, no eliminan el peligro y no sustituyen las medidas para la prevención de accidentes.

Según la norma ICAITI 56 001, sobre los colores de seguridad, los autorizados son los siguientes:

- Rojo: significado de actividad peligrosa, alto; para identificar equipos de extinción de incendios y su localización, dispositivos de paradas de emergencia.
- Amarillo: significado de atención, peligro: útil para avisos de peligro, señales de precaución, elementos protectores de las máquinas.
- Naranja: utilizado para identificar servicios eléctricos.
- Verde: identifica señal de seguridad, puertas de escape, estaciones de primeros auxilios, su equipo y localización.
- Azul celeste: para identificar ubicación de ductos de aire.
- Para propósitos de organización, información o instrucción, se usa el color azul como auxiliar de los colores de seguridad.

7. PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA

7.1. Análisis de cumplimiento de objetivos

En la conclusión del desarrollo del proyecto se debe diagnosticar si se obtuvieron los logros sinónimos del éxito del proyecto. Es significativo hacer una revisión periódica de los procesos, con la metodología *six sigma*, a efecto de darles seguimiento y detectar si ha habido cambios bruscos; sean estos en beneficio o detrimento de los mismos.

7.2. Desempeño estadístico del proceso vrs. estándares *six sigma*

Al analizar los resultados obtenidos sobre el comportamiento del proceso se puede determinar el desenvolvimiento que tiene el mismo en el tiempo, de tal forma que permita encontrar puntos en común o diferentes, con los objetivos con los cuales fue concebido el proyecto. De existir tales diferencias hay que tomar las acciones correctivas necesarias y reencausar los procedimientos que lleven hacia la meta deseada.

Para este proyecto al comparar los resultados se infiere inmediatamente que el desempeño estadístico está bastante cercano al comportamiento *six sigma* debido a que los rendimientos logrados son en promedio del 99,95%, haciendo énfasis que la meta *six sigma* es del 99,99966%.

7.3. Indicadores de eficiencia del proceso

Para determinar cuáles indicadores hay que tomar en cuenta para controlar la eficiencia del proceso, se ha realizado la matriz de análisis de modo y efecto de falla, tablas XXII y XXIII, en las cuales se determina la severidad, ocurrencia y probabilidad de detección de falla; se desprende por tanto su dualidad de utilización, por un lado complementa el trabajo de la fase controlar en *six sigma* y por el otro, ayuda a identificar los indicadores de eficiencia del proceso.

Lo importante de tener bien definidos los indicadores de eficiencia del proceso es que se disminuya la probabilidad de ocurrencia de los eventos que producen fracaso.

7.4. Factores que afectan la productividad y eficiencia del proceso

Conforme a la información contenida en las tablas XXII y XXIII, sobre el análisis de modo y efecto de falla, se desprende que hay actividades con una mayor prioridad de riesgo (RPN) que otras. Debe tomarse en cuenta aquellas actividades con una mayor calificación de riesgo, puesto que son sobre las que hay tener un control continuo y que en cualquier momento pueden fallar. No debe descartarse el hecho de que todas las actividades tienen un riesgo asociado, unas en mayor y otras en menor magnitud.

Para este estudio no habrá que perder de vista actividades como atascos de papel, manchas de tóner y aceite, manejo correcto de materiales, la colocación en bandeja de insertos, el doblado de pestaña y el sellado de sobre.

7.5. Pérdidas por calidad

Hay pérdidas que son ocasionadas por la mala calidad de un producto, las mismas pueden referirse a fallas o desperdicio, las cuales a su vez guardan relación con el tiempo de máquina que por alguna fluctuación provocó una unidad defectuosa. El tiempo en mención se convierte en una pérdida de producción ya que se da un decaimiento en la producción real. Para los cálculos correspondientes se habla del porcentaje de eficiencia de máquina, el cual viene dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ eficiencia} = (\text{volumen producido} - \text{volumen defectuosos}) / \text{volumen producido}$$

Para tomar una mayor magnitud de cuan grave puede ser ese porcentaje, cabe decir que no será menor del 99%, es decir, solo es admisible el 1% de defectuosos.

7.6. Normas ISO 9 001 : 2 000

Tanto para el comercio como para la industria, a nivel mundial, los gobiernos han implementado normas de producción y comercialización, con altos estándares de calidad los cuales han permitido asegurar la economía, reducir costos, bajar los índices de desempleo y hacer más rentables a las empresas.

Se entiende por Sistema de Calidad la estructura organizacional, las responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos que se requieren para la gestión de calidad. En este contexto, la política de calidad establece la relación entre la estrategia de la empresa y su visión de calidad.

En ese sentido, una de las normas a nivel internacional utilizada para la implementación de los sistemas de gestión de calidad es la ISO 9 001:2 000, establecida por la International Standard Organization.

Los beneficios que se obtienen con la implementación de gestión de la calidad se traducen en: una reducción de rechazos en la producción y en el servicio al cliente (quejas y reclamos), mayor productividad y mejora continua global en los procesos de la empresa.

CONCLUSIONES

1. Se redujo la variabilidad del proceso puesto que se mejoró en el área de impresión en un 1,07% sobre la base de 98,89% que existía; en el área de ensobrado la mejora fue mucho más significativa ya que de 98,65% tuvo un incremento de 1,28%, al mismo tiempo el proceso se aproxima al nivel sigma de rendimiento óptimo del 99,99966%. Esta reducción se dio gracias a la implementación de la metodología *six sigma* mediante la utilización correcta de los medios estadísticos de control, habiendo alcanzado mejoras notables en cuanto al nivel sigma de un proceso, a corto y largo plazo, haciendo visible la disminución de los defectos por cada millón de oportunidades.
2. Como resultado de haber identificado los problemas principales de producción fue factible reconocer los parámetros de los procesos que indican las fases relevantes en que interviene la mano de obra, las cuales son el cambio de bobinas de papel y de tóner, ajustes de velocidades de máquinas de impresión y ensobrado, alineación de escáneres, ajuste de bandeja de sobres y de perilla, según el calibre del papel.
3. De acuerdo con el resultado del estudio de tiempos y movimientos, se logró reducir el índice de costos anuales de operación del proceso en las áreas de impresión y ensobrado en un 12,84% y 15,36%, respectivamente. También los porcentajes anuales de desperdicio disminuyeron 2,16% en el área de impresión y 22,68% en el área de ensobrado.

En cuanto a la capacidad lumínica se generaron ahorros del 48,79% de la capacidad utilizada, y un 76,23% de la capacidad total instalada.

4. Según el resultado del estudio de flujo del proceso en las áreas de impresión y ensobrado, se determinó que la distribución es la correcta.
5. Una vez obtenida la muestra de los puntos clave del proceso y el cálculo de la desviación estándar, se determinó el nivel sigma con el cual se venía operando. Luego de evaluar dicho proceso se realizó la implementación técnica, la cual mejoró el nivel sigma en las áreas de impresión y ensobrado.

RECOMENDACIONES

1. Después de implementado el *six sigma*, se recomienda mantener un control sobre los procesos en un centro de transformación tecnológica, los procesos continúan, son dinámicos y necesitan de constante observación así como de la actualización de programas para analizar oportunidades de mejora y mantenerlos establecidos a través de esta metodología.
2. A través del departamento de Control de Calidad elaborar programas de capacitación al personal que establece el proceso de producción en las áreas de impresión y ensobrado, así como en el uso y mantenimiento de la maquinaria, para garantizar que los parámetros de proceso estén bajo control, lo que ayudará en su eficiencia y productividad; los mismos deben estar relacionados con la metodología *six sigma* ya implementada.
3. Es recomendable realizar un estudio de tiempos y movimientos al departamento de impresión y ensobrado, dos veces al año, para mantener o mejorar los costos de operación obtenidos, así como los desperdicios de los insumos de dicho proceso.
4. Se recomienda que el departamento de mantenimiento utilice la metodología *six sigma* como un programa de mantenimiento predictivo, a efecto de disminuir los paros innecesarios, dado que estos equipos trabajan las 24 horas del día, durante todo el año.

5. Para garantizar la aplicación, metodología y mejora *six sigma* se recomienda que dos veces al año se lleve a cabo el proceso de verificación de cada una de sus etapas.

6. Se recomienda que el personal que labora en el área de ensobrado utilice los tapones protectores de oídos debido al nivel de ruido existente al que están expuestos, por el equipo y maquinaria que se opera en dicho proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. BIBLIOTECA ADMINISTRACIÓN CANAL DE PANAMÁ. *Normas de seguridad industrial e Iluminación*. [en línea]. <<http://www.pancanal.com/esp/legal/reglamentos/security/industrial>>. [Consulta: 4 de julio de 2011].
2. BRUE, Greg. *Seis sigma para directivos*. México: McGraw-Hill Interamericana, 2003. 213 p.
3. ECKES, George. *El six sigma para todos*. 3a ed. Colombia: Norma, 2004. 172 p.
4. ESCALANTE VÁZQUEZ, Edgardo J. *Seis-sigma: metodología y técnicas*. 2a ed. México: Limusa, 2006. 195 p.
5. GARAVITO, Julio. *Niveles de ruido*. [en línea]. Laboratorio de condiciones de trabajo. Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007. <<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocolsruido1>>. [Consulta: 3 de julio de 2011].
6. GARCÍA, Hugo. *Apuntes de iluminación*. [en línea]. <<http://www.simcli-iluminacion.com/apuntes.html>>. [Consulta: 7 de julio de 2011].

7. GUPTA, Praveen. *The six sigma performance handbook: a statistical guide to optimizing results*. New York: McGraw-Hill, 2005. 208 p.
8. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill, 2004. 105 p.
9. HOLOPHANE. *Principios de iluminación*. [en línea]. <<http://www.holophane.com.mx/pdf/principiosdeiluminacion.pdf>>. [Consulta: 6 de julio de 2011].
10. INSPECCIÓN MEXICANA DE ILUMINACIÓN. *Monitoreo o cuantificación de los niveles de iluminación*. [en línea]. <<http://www.inspeccion.com.mx/iluminacion.htm>>. [Consulta: 4 de julio de 2011].
11. LOWELL JAY, Arthur. *Guía para el instructor de six sigma*. 2a ed. México: Panorama, 2003. 130 p.
12. LOWELL JAY, Arthur. *Six sigma simplificado*. México: Panorama, 2003. 135 p.
13. PML, Consultores. *Six Sigma Visión*. [en línea]. . <<http://pmlconsultores.com.ar/docs/Ingenieria>>. [Consulta: 17 de julio de 2010].
14. PYZDEK, Thomas. *The six sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. New York: McGraw-Hill, 2003. 188 p.

15. RALDA VILLAGRÁN, Fraterno. *Proyecto para reglamento normalizado de iluminación de interiores*. Trabajo de graduación de Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987. 125 p.
16. RON, Basu. *La calidad más allá del six sigma*. México: Panorama, 2005. 230 p.
17. SANTAMARINA HOLEK, Ricardo. *Tendencias del Mantenimiento Predictivo*. [en línea]. <<http://www.tam.com.mx/pdf/Articulos/TendMttoPred>>. [Consulta: 24 de julio de 2011].
18. SSIICAN. *Six Sigma Conversion Tables* [en línea] . <http://quality.merschat.com/sixsigmaconversiontable.cgi/3Fperidu/D>. [Consulta: 31 de agosto de 2011].
19. UNIVERSIDAD OCCIDENTAL DE COLOMBIA. *Capacidad de procesos*. [en línea]. <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_6.pdf>. [Consulta: 20 de julio de 2011].
20. YAN SÁNCHEZ, Mario Rolando. *Utilización de la metodología seis sigma en el mejoramiento de la calidad*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 157 p.

ANEXOS

Anexo 1. Niveles de iluminación

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	AREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300

Continuación de anexo 1.

<p>Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.</p>	<p>Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.</p>	<p>500</p>
<p>Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.</p>	<p>Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.</p>	<p>750</p>
<p>Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.</p>	<p>Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.</p>	<p>1000</p>
<p>Alto grado de especialización en la distinción de detalles.</p>	<p>Áreas de proceso de gran exactitud.</p>	<p>2000</p>

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 2. Niveles de iluminación por tipo de interiores

Área funcional	Categoría	Iluminación (lux)	Recomendado
Interiores generales específicos			
Clínicas			
Mesas de exámenes	E	500-1000	Iluminación obtenida con general y suplementaria
Cuarto de emergencias	E	500-1000	
Laboratorios	E	500-1000	
Archivos médicos	E	500-1000	
Almacenamiento	A	200	Iluminación general
Salas de esperas	A	100-200	
Oficinas			
Áreas con labores visuales no críticas ni prolongadas	A	100-200	Iluminación general
Lectura y escritura con buen papel y tinta; archivo y labores regulares de oficina	D	200-500	Iluminación en la tarea
Contabilidad, dibujo	D	500	
Escuelas y bibliotecas			
Bibliotecas	D	500	Iluminación en la tarea
Salones de clases general	D	300	
Auditorios	A	100	Iluminación general
Taller de automóviles			
General	A	200-300	Iluminación en la tarea
Reparaciones	E	500-750	
Inspección			
Ordinarias	D	200-300	Iluminación en la tarea
Moderadas	E	500-750	
Difícultosas	F	1000-1500	
Depósitos y almacenes			
Inactivos	B	50-100	Iluminación general
Activos	C	100-200	
Manejo de materiales			
Área de trabajo	D	200-300	Iluminación en la tarea
Cargando	C	100-200	Iluminación general
Interiores universales			
Escaleras, pasillo o elevadores	A	50-100	Iluminación general
Servicios sanitarios y vestidores	C	100-200	
Iluminación general	C	100-200	
Áreas de circulación	A	100	Iluminación general
Depósitos	D	200	
Áreas de ventas	D	300	Iluminación en la tarea
Interiores industriales			
Ensamble			
Simple visión fácil	D	200-300	Iluminación en la tarea
Moderada visión difícil	E	500-750	
Difícil	F	1000-1500	

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 3. **Coeficiente de reflexión de la luz en techos, paredes y suelo**

COLOR	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (%)	TONALIDAD
Blanco	75-85	Claros
Marfil	70-75	
Colores pálidos	60-70	
Amarillo	55-65	Semiclaros
Marrón claro	45-55	
Verde claro	40-50	
Gris	30-50	Oscuros
Azul	25-35	
Rojo	15-20	
Marrón oscuro	10-15	
Negro	0	

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 4. **Categorías y valores de iluminancia para tipos genéricos de actividades en interiores**

TIPO	RANGOS (LUX)	TIPO DE ESPACIO O TAREA A ILUMINAR
A	50 - 75 - 100	Áreas públicas, y alrededores oscuros
B	50 - 75 - 100	Área de orientación, corta permanencia
C	50 - 75 - 100	Área de orientación, corta permanencia
D	200 - 300 - 500	Trabajo de gran contraste o tamaño Lectura de originales y fotocopias buenas Trabajo sencillo de inspección o de banco
E	500 - 750 - 1000	Trabajo de contraste medio o tamaño pequeño Lecturas a lápiz, fotocopias pobres, trabajos moderadamente difíciles de montaje o banco
F	1000 - 1500 - 2000	Trabajos de poco contraste o muy pequeños de tamaño, ensamblaje difícil, etc.
G	2000 - 3000 - 5000	Lo mismo durante periodos prolongados. Trabajos muy difíciles de ensamblaje, inspección o de banco
H	5000 - 7500 - 10000	Trabajos muy exigentes y prolongados
I	10000 - 15000 - 20000	Trabajos muy especiales, salas de cirugía

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 5. Factores de peso

	-1	0	1
Edad de los Operarios	< 40 Años	40 - 55	> 55 Años
Velocidad o exactitud	No importante	Importante	Critico
Reflectancia de alrededores	> 70 %	30 - 70	< 30 %

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Si los factores de peso suman:







- -2 o -3 usar el valor inferior del anexo 4, de los rangos de iluminancia
- -1 o +1 usar el valor medio de la misma tabla
- +2 o +3 usar el valor superior

Anexo 6. **Tipos de bombillas o tubos**

Lámpara	W	Lúmenes iniciales	Vida útil en horas
<i>Incandescente standard</i>	25	230	2 500
<i>Incandescente standard</i>	40	450	1 500
<i>Incandescente standard</i>	60	890	1 000
<i>Incandescente standard</i>	75	1 200	850
<i>Incandescente standard</i>	100	1 700	750
<i>Incandescente standard</i>	150	2 850	750
<i>Fluorescente standard</i>	20	1 220	9 000
<i>Fluorescente standard</i>	40	3 200	18 000
<i>Fluorescente high output</i>	85	6 450	12 000
<i>Fluorescente high output</i>	110	9 000	12 000
<i>Fluorescente slimline</i>	38	2 900	12 000
<i>Fluorescente slimline</i>	56	4 400	12 000
<i>Fluorescente slimline</i>	73	6 300	12 000
<i>Fluorescente tipo U</i>	40	3 000	12 000
<i>Tubo T8 LED</i>	17	1 300	50 000-100 000

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 7. **Clasificación de luminarios de acuerdo a su curva de distribución**

Clasificación	Arriba	Abajo	Distribución de potencia lumínica
Directa	0-10%	90-100%	
Semidirecta	10-40%	60-90%	
Directa indirecta	40-60%	40-60%	
General difusa	60-90%	10-40%	
Semi indirecta	60-90%	10-40%	
Indirecta	90-100%	0-10%	

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 8. Reflectancias efectivas para cualquier luminaria

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70				50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	
RSR																						
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09	
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09	
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08	
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08	
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07	
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07	
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06	
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06	
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06	
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06	
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05	
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05	
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05	
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05	
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04	
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04	
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04	
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04	
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04	
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04	

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 9. **Coefficientes de utilización**

RCR	pfc 20%								
	pcc 80%			70%			50%		
	pw 50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	0%
0	.99	.99	.99	.92	.92	.92	.79	.79	.79
1	.85	.80	.77	.78	.75	.72	.67	.64	.62
2	.73	.67	.61	.68	.62	.57	.58	.54	.50
3	.63	.56	.50	.59	.52	.47	.50	.45	.41
4	.56	.48	.42	.52	.45	.39	.44	.39	.34
5	.49	.41	.35	.46	.38	.33	.39	.33	.29
6	.44	.36	.30	.41	.33	.28	.35	.29	.25
7	.39	.31	.26	.36	.29	.24	.31	.26	.22
8	.35	.28	.23	.33	.26	.21	.28	.23	.19
9	.32	.25	.20	.30	.23	.19	.26	.20	.17
10	.29	.22	.18	.27	.21	.17	.24	.18	.15

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 10. Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad
 piso diferente al 20 por ciento

% de reflectancia efectiva en la cavidad de techo, p _{oo}	80				70				60			30			10		
	70	60	30	10	70	60	30	10	60	30	10	60	30	10	60	30	10
Para 50 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso (20 % = 1.00)																	
RCR																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.058	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.008
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.051	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.005	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
10	1.037	1.022	1.012	1.005	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.003
Para 10 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso (20 % = 1.00)																	
RCR																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.966	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.986	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.985	0.990	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

Fuente: www.simcli-iluminacion.com. [Consulta: 7/7/2011].

Anexo 11. **Tabla de conversión de la capacidad de un proceso al sistema sigma a corto plazo**

Sigma nivel	CPK	Tasa de defectos (%)
0,0	0,50	50,0000
0,5	0,17	30,8538
1,0	0,33	15,8655
1,5	0,50	6,6807
2,0	0,67	2,2750
2,5	0,83	0,6210
3,0	1,00	0,1350
3,5	1,17	0,0233
4,0	1,33	0,0032
4,5	1,50	0,0003
5,0	1,67	0,0000
5,5	1,83	0,0000
6,0	2,00	0,0000

Fuente: <http://quality.merschat.com/six-sigma-conversion/table.cgi>. [Consulta: 31/8/2011].

Anexo 12. **Tabla de conversión de la capacidad de un proceso al sistema sigma a largo plazo**

Sigma nivel	PPK	Tasa de defectos (%)
1,5	0,50	50,0000
2,0	0,67	30,8538
2,5	0,83	15,8655
3,0	1,00	6,6807
3,5	1,17	2,2750
4,0	1,33	0,6210
4,5	1,50	0,1350
5,0	1,67	0,0233
5,5	1,83	0,0032
6,0	2,00	0,0003

Fuente: <http://quality.merschat.com/six-sigma-conversion/table.cgi>. [Consulta: 31/8/2011].