

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

**“DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO  
METROLÓGICO EN UNA INDUSTRIA GRÁFICA”**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERAS INDUSTRIALES**

Presentada por:

Célica Alborada Almeida Rivas

Elizabeth Lourdes Holguín Sornoza

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2010

# Agradecimiento

En primer lugar a Dios por darnos la oportunidad de podernos graduar, a nuestros padres por su apoyo y en especial agradecemos a nuestro director que nos apoyo en todo momento aun a pesar de nuestras dificultades que el tiempo de nuestros trabajos nos impedía realizar con mayor prontitud.

# Dedicatoria

Este trabajo realizado va dedicado en especial a nuestras familias por el tiempo dedicado y por la confianza que tuvieron al apoyarnos en seguir con nuestras carreras.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Víctor Guadalupe E.  
DIRECTOR DEL PROYECTO  
DE GRADUACIÓN

---

Ing. Jorge Roca G.  
VOCAL PRINCIPAL

## ÍNDICE GENERAL

<b>Abreviaturas</b>	<b>I</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>II</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Anexos</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Capítulo 1:</b>	
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Situación actual de una Industria Gráfica.- Diagnóstico.....	4
1.3.1. Análisis de datos.....	10
1.3.2. Diagrama Causa- Efecto.....	14
1.4. Análisis del Diagrama Causa-Efecto “Corte”.....	15
1.4.1. Materiales.....	15
1.4.2. Equipos.....	16
1.4.3. Maquinaria.....	16
1.4.4. Procedimientos.....	17
1.4.5. Mano de obra.....	17

## Capítulo 2

<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Herramientas estadísticas para mejorar la Calidad.....	18
2.1.1. Tabulación e Histograma de frecuencia.....	18
2.1.2. Diagrama Causa Efecto.....	23
2.1.2.1. Uso del Diagrama de Causa- Efecto.....	25
2.1.3. Diagrama Gantt.....	27
2.1.4. Diagrama de Flujo.....	29
2.1.4.1. Esquema del diagrama de Flujo Funcional.....	30
2.1.5. Diagrama de Pareto.....	32
2.2. Sistema de calidad.....	33
2.2.1. Estructura de la organización.....	33
2.3. Mejora Continua.....	35
2.3.1. Principio de Deming.....	36
2.4. Control de calidad.....	44
2.5. Proceso.....	48
2.5.1. Procesos productivos.....	51
2.5.1.1. Subprocesos.....	51
2.5.1.2. Sistema.....	51
2.5.1.3. Procedimientos.....	52
2.5.1.4. Actividad.....	53
2.5.2. Factores del diseño del proceso.....	53

2.6. Metrología.....	55
2.7. Aseguramiento metrológico.....	56
2.7.1. Proceso de confirmación metrológica.....	57
2.8. Trazabilidad.....	59
2.8.1. Evaluación de trazabilidad.....	61
2.9. Gráfica para mejorar la medida.....	62
2.10. Tolerancia.....	66
2.10.1. Límites de tolerancia.....	66

### **Capítulo 3**

<b>3. Diseño del Sistema de aseguramiento metrológico en el proceso de corte y troquelado.....</b>	<b>72</b>
3.1. Determinar responsable del sistema de confirmación metrológica.....	72
3.2. Determinar equipos críticos en el proceso.....	73
3.3. Tolerancias del proceso. ....	78
3.4. Condiciones ambientales.....	80
3.5. Evaluación del personal técnico (Pruebas de aptitud).....	81
3.5.1. Prueba aptitud No. 1.....	82
3.5.2. Prueba de aptitud No. 2.....	84
3.5.3. Prueba de R&R.....	86
3.6. Intervalo de calibración y mantenimiento.....	89
3.6.1. Determinación del periodo de recalibración.....	91

3.7.	Trazabilidad de equipo.....	91
3.7.1.	Evaluación de la trazabilidad.....	92
3.7.2.	Análisis de la trazabilidad.....	92
3.8.	Incertidumbre en los procesos de medición.....	93
3.9.	Rotulación de equipos según su uso.....	95
3.10.	Auditar el sistema.....	96
3.11.	Acciones correctivas y preventivas.....	96

## **Capítulo 4**

<b>4.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN EL PROCESO DE CORTE Y TROQUELADO.....</b>	<b>97</b>
4.1.	Determinar al responsable.....	98
4.2.	Determinar variables críticas.....	99
4.3.	Identificar variables.....	103
4.4.	Clasificación de variables.....	104
4.5.	Determinar variables críticas.....	105
4.6.	Tolerancias.....	106
4.6.1.	Análisis de límites de control.....	110
4.7.	Pruebas de aptitud.....	112
4.7.1.	Repetitividad.....	114
4.8.	Evaluación de proveedores.....	117
4.9.	Intervalo de calibración y mantenimiento.....	117
4.10.	Trazabilidad del proceso.....	120



4.11. Auditoría de procesos.....	120
4.12. Acciones correctivas y preventivas.....	122
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>123</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>125</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>127</b>

## ABREVIATURAS

<b>CMYK</b>	Cian, Mayenta, Negro y Amarillo
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>DIN</b>	German Institute for Standardization
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b><math>\hat{C}_p</math></b>	Capacidad Estimada
<b>TUR</b>	Traceability Uncertainty Ratio
<b>TAR</b>	Traceability Accuracy Ratio
<b>LCS o UCL</b>	Límite de Control Superior
<b>LCL o LCI</b>	Límite de Control Inferior
<b>SAM</b>	Sistema de Aseguramiento Metrológico
<b>CMI</b>	Capacidad Media Instalada
<b>CMR</b>	Capacidad Media Requerida
<b>EEB</b>	European Environmental Bureau
<b>AMFE</b>	Análisis Modal de Fallos y Efectos
<b>NPR</b>	Número de Prioridad de Riesgo
<b>VIM</b>	Vocabulary International of Metrology
<b>R&amp;R</b>	Repetibilidad y Reproducibilidad
<b>CGPM</b>	Conferencia General de Pesos y Medidas
<b>CENAM</b>	Centro Nacional de Metrología
<b>BIPM</b>	Laboratorio Internacional de Pesos y Medidas
<b>ESPOL</b>	Escuela superior Politécnica del Litoral

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tallados de impresiones en la antigüedad.....	1
Figura 1.2. Láminas de Zinc de colores.....	2
Figura 1.3. Diagrama de frecuencia de Defectos.....	11
Figura 1.4. Diagrama de Pareto: Procesos.....	11
Figura 1.5. Diagrama de Pareto: Defectos.....	13
Figura 1.6. Diagrama Causa-Efecto del proceso de corte.....	14
Figura 2.1. Modelos de frecuencia. ....	23
Figura 2.2. Esquema 5S – Causa Efecto. ....	25
Figura 2.3. Esquema del diagrama de Gantt.....	29
Figura 2.4. Representación del diagrama de flujo.....	31
Figura 2.5. Diagrama Pareto “regla 80/20”. ....	32
Figura 2.6. Esquema del límite del control.....	48
Figura 2.7. Esquema de un proceso.....	53
Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso del Troquel.....	74
Figura 3.2. Ejemplo de Prueba e Repetitividad.....	88
Figura 3.3. Intervalo de Calibración.....	90
Figura 3.4. Intervalo de Deriva. ....	91
Figura 4.1. Elaboración de un Troquel. ....	99
Figura 4.2. Positivo Realizado. ....	100
Figura 4.3. Verificación de las dimensiones. ....	100
Figura 4.4. Positivo Terminado. ....	101

Figura 4.5. Máquina Troqueladora. ....	102
Figura 4.6. Troquel de Muestra. ....	104
Figura 4.7. Límites de control de la 1 era medición.....	110
Figura 4.8. Límites de control de la 2 da medición.....	111
Figura 4.9. Límites de control de la 3 era medición.....	112
Figura 4.10. Repetividad desde MINITAB.....	116
Figura 4.11. Resultado de la Deriva.....	119

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.1. Hoja de Registro: Industria Gráfica.....	10
Tabla 1.2. Análisis de Pérdida. ....	12
Tabla 2.1. Ejemplo de diámetro para gráfico de histograma.....	19
Tabla 2.2. Intervalo de confianza.....	20
Tabla 3.1. Matriz de variables del proceso.....	75
Tabla 3.2. Frecuencias de variables. ....	76
Tabla 3.3. Matriz del método AMFE.....	77
Tabla 3.4. Carta de control de muestra. ....	79
Tabla 3.5. Formato del ensayo de aptitud 1... ..	82
Tabla 3.6. Formato del ensayo de aptitud 2.....	84
Tabla 3.7 Hoja de registro de datos R&R.....	86
Tabla 3.8. Formato para evaluar proveedores de acuerdo a la trazabilidad.....	88
Tabla 3.9. Determinación de las variables el proceso.....	93
Tabla 3.10. Normas y fórmulas.....	94
Tabla 3.11. Coloración para etiquetado para rotulación de equipo.....	96
Tabla 4.1. Identificación de variables por sus objetivos.....	103
Tabla 4.2. Variables del proceso. ....	104
Tabla 4.3. Método AMFE. ....	105
Tabla 4.4. Tolerancia del proceso. ....	107
Tabla 4.5. Muestra del troquel Prueba 1. ....	108

Tabla 4.6. Muestra del troquel Prueba 2. ....	109
Tabla 4.7. Resultado de la prueba de Aptitud 1 .....	113
Tabla 4.8. Resultado de la prueba de Aptitud 2.....	113
Tabla 4.9. Resultado de la prueba de Repetitividad.....	115
Tabla 4.10. Evaluar proveedores de acuerdo la trazabilidad.....	117
Tabla 4.11. Resultado de pérdida por fallas.....	118
Tabla 4.12. Resultado de la Trazabilidad del proceso.....	120
Tabla 4.13. Diagrama de Gantt de la Auditoría.....	121

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diagrama Causa-Efecto del proceso de la industria.....	128
Anexo 2: Solicitud de empleo.....	129
Anexo 3: Gráficos de la prueba de aptitud No. 1.....	130
Anexo 4: Gráficos de la prueba de aptitud No. 4.....	131
Anexo No. 5: Hoja de registro de actividades de los procesos.....	132

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Célica Almeida Rivas

---

Elizabeth Holguín Sornoza