

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTEO Y VERIFICACIÓN DE LAS VARILLAS PARA LA EMPRESA ANDEC - FUNASA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

OSCAR FERNANDO RHEA MARTINEZ

JUAN FRANCISCO CRUZ CRUZ

DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRIA

CODIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO

Sangolquí, Abril 2010

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTEO Y VERIFICACIÓN DE LAS VARILLAS PARA LA EMPRESA ANDEC - FUNASA” fue realizado en su totalidad por Oscar Fernando Rhea Martínez y Juan Francisco Cruz Cruz, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingenieros Mecánicos, bajo nuestra supervisión y asesoramiento.

Ing. Luis Echeverría

DIRECTOR

Ing. Carlos Naranjo

CODIRECTOR

Sangolquí, Abril 2010

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTEO Y VERIFICACIÓN DE LAS
VARILLAS PARA LA EMPRESA ANDEC - FUNASA”

ELABORADO POR:

Oscar Fernando Rhea Martínez

Juan Francisco Cruz Cruz

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Emilio Tumipamba

Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Sangolquí, Abril 2010

DEDICATORIA

A la memoria de mi Abuela, gracias por tus bendiciones te extraño.

A mis sacrificados padres Fabián e Inés.

A mis amados hermanos Carlos, Manuel, Jorge y Juan Pablo

A mis incondicionales tíos Josefina, Lucila, Juan.

A la luz de mi vida Emilia Valentina.

Juan Francisco

A mi Mami que ha sido una persona incondicional en mi vida, una mujer luchadora, abnegada y sobre todo cariñosa que siempre creyó en mí, que con su esfuerzo, preocupación, constancia y sacrificio me convirtió en un hombre de bien, con carácter y fuerza para salir adelante, siendo la base fundamental para la culminación de esta meta.

Oscar Rhea M.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de ver un nuevo amanecer cada día de mi vida.

A mis padres un agradecimiento eterno por el apoyo y sacrificio para darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional y así cumplir una meta de mi vida.

A mis hermanos, que aun estando lejos, siempre me dieron su apoyo, gracias por ser un ejemplo de responsabilidad, trabajo y dedicación.

A mis tíos gracias por sus consejos, por su apoyo y su ejemplo de trabajo y honestidad.

Un agradecimiento especial a los colegas Ing. Luis Echeverría y Ing. Carlos Naranjo, directores del presente proyecto, gracias por su tiempo y por compartir sus conocimientos.

Gracias a los DX-CROJ² que han sido otros hermanos, amigos y compañeros con quienes pasamos momentos difíciles que supimos superar. Y a todas las personas que de una u otra manera han llegado a ocupar un lugar especial en mi vida.

Juan Francisco

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme unos Padres maravillosos que me han brindado su apoyo incondicional durante estos años de formación personal e intelectual, por su paciencia y comprensión que me ha ayudado a mantenerme en el camino correcto y superar los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mi Ñaño por siempre brindarme su ayuda y estar conmigo en todo momento compartiendo cada uno de mis triunfos y siendo un soporte en momentos duros.

A mis maestros en especial a mi Director y Codirector por su guía y enseñanzas que han sido fundamentales en mi formación.

A mis Abuelitos por sus sabios consejos, siendo la base fundamental de unión y ejemplo en el hogar.

A mi Nena por su paciencia, ayuda, cariño y compañía en este duro y largo camino.

A mis Amigos por estar a mi lado, en especial a los Dx-croj2 que han sabido ganarse mi confianza, y saber conservar mi amistad durante todos estos años.

A mis Tíos y Primos por su apoyo y consejos.

Oscar Rhea M.

CONTENIDO

| | |
|--|-------|
| CERTIFICADO DE ELABORACION DE PROYECTO | II |
| LEGALIZACION DEL PROYECTO | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| CONTENIDO | VII |
| ANEXOS | XII |
| INDICE DE TABLAS | XIII |
| INDICE DE FIGURAS | XIV |
| RESUMEN | XVIII |

CAPITULO 1

GENERALIDADES

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Definición del problema | 1 |
| 1.3 Objetivos | 2 |
| 1.3.1 General | 2 |
| 1.3.2 Específicos | 2 |
| 1.4 Justificación e Importancia | 3 |
| 1.5 Alcance | 3 |

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

| | |
|--------------------------------------|----|
| 2.1 Procesos de moldeo y formado | 5 |
| 2.1.1 Proceso de Moldeo | 5 |
| 2.1.1.1 Tipos de Fundición | 5 |
| 2.1.1.1.1 Fundición a la Arena | 6 |
| 2.1.1.1.2 Fundición por Inyección | 7 |
| 2.1.1.1.3 Fundición en Coquillas | 8 |
| 2.1.1.1.4 Fundición Centrifuga | 8 |
| 2.1.2 Procesos de Formado | 8 |
| 2.1.2.1 Embutido profundo y prensado | 9 |
| 2.1.2.2 Laminado | 9 |
| 2.1.2.3 Forjado | 10 |
| 2.1.2.4 Estirado | 11 |

| | |
|--|----|
| 2.1.2.5 Extrusión | 11 |
| 2.2 Procesos para la obtención de varillas de acero | 12 |
| 2.2.1 La chatarra | 13 |
| 2.2.2 Horno Eléctrico | 15 |
| 2.2.3 Fase de fusión | 17 |
| 2.2.4 Fase de afino | 17 |
| 2.2.5 El control de calidad del acero | 18 |
| 2.2.6 Colada Continúa | 19 |
| 2.2.6.1 Calidad | 19 |
| 2.2.6.2 Temperatura | 20 |
| 2.2.7 Proceso de laminación | 21 |
| 2.2.8 Horno de precalentamiento | 23 |
| 2.2.9 Tren de laminación | 24 |
| 2.3 Condición del sistema actual de conteo | 27 |
| 2.3.1 Problemas | 27 |
| 2.4 Contadores Mecánicos | 29 |
| 2.5 Automatización de sistemas | 29 |
| | |
| CAPITULO 3 | |
| DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO | 31 |
| 3.1 Tipos de maquinarias para el conteo de varillas | 31 |
| 3.1.1 Mecanismo tornillo sin fin | 31 |
| 3.1.2 Contador electrónico mediante un palpador | 33 |
| 3.1.3 Sistema de visión artificial | 36 |
| 3.1.3.1 Fuente de luz | 38 |
| 3.1.3.2 Tipo de iluminación | 38 |
| 3.1.3.3 Tarjeta de captura o adquisición de imágenes | 38 |
| 3.1.3.4 Algoritmo de analogía de imagen | 39 |
| 3.1.3.5 Reconocimiento de formas e inteligencia artificial | 39 |
| 3.1.4 NI Smart Camaras | 40 |
| 3.1.4.1 Características de las Cámaras 1722 y 1742 | 41 |
| 3.2 Alternativas y Selección | 43 |
| 3.2.1 Descripción del proceso | 43 |
| 3.2.2 Definición de parámetros funcionales | 48 |
| 3.2.2.1 Separador Mecánico | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2.2 Programación de la Smart Camera | 50 |
| 3.2.2.3 Sistema de conteo en línea | 51 |
| 3.2.2.4 Sistema de Verificación | 52 |
| 3.2.2.5 Tiempo empleado por el mecanismo separador | 53 |
| 3.2.2.6 Calculo de la distancia de instalación de la cámara | 54 |
| Abreviaturas utilizadas en el capítulo | 57 |
| CAPITULO 4 | |
| DISEÑO MECANICO DEL SEPARADOR | 59 |
| 4.1 Disposición física de los elementos | 59 |
| 4.2 Estudio y análisis de fuerzas | 61 |
| 4.2.1 Análisis de fuerzas | 73 |
| 4.2.2 Corrección de fuerzas | 76 |
| 4.2.3 Análisis de fuerzas corregidas | 90 |
| 4.2.4 Calculo de fuerzas | 93 |
| 4.3 Diseño de elementos del mecanismo separador | 98 |
| 4.3.1 Diseño de pasadores (biela-abrazadera superior) | 98 |
| 4.3.1.1 Diseño por cortante doble | 99 |
| 4.3.1.2 Diseño por aplastamiento | 99 |
| 4.3.2 Diseño Biela | 99 |
| 4.3.2.1 Calculo esfuerzo normal | 100 |
| 4.3.2.2 Calculo esfuerzo cortante | 101 |
| 4.3.2.3 Fatiga | 101 |
| 4.3.3 Diseño de chaveta abrazadera | 104 |
| 4.3.4 Diseño de chaveta sujetador | 105 |
| 4.3.5 Diseño de espárragos | 106 |
| 4.3.5.1 Diseño por cortante | 107 |
| 4.3.5.1 Diseño por aplastamiento | 108 |
| 4.3.6 Diseño pernos abrazadera superior | 109 |
| 4.3.7 Diseño de perno que sujeta la uña | 115 |
| 4.3.7.1 Calculo de fuerzas y momentos | 115 |
| 4.3.7.2 Diseño a fatiga del perno | 119 |
| 4.3.7.3 Diseño por aplastamiento | 121 |
| 4.3.8 Diseño del sujetador de la uña | 122 |
| 4.3.8.1 Diseño por aplastamiento del sujetador | 122 |
| 4.3.8.2 Corte lateral del sujetador | 123 |
| 4.3.9 Diseño de abrazadera superior | 124 |
| 4.3.9.1 Aplastamiento en el agujero del perno sección A-A | 125 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.9.2 Aplastamiento en el agujero del perno sección B-B | 126 |
| 4.3.9.3 Diseño a fatiga | 126 |
| 4.3.9.4 Diseño por flexión | 129 |
| 4.3.10 Diseño de uña de separación | 134 |
| 4.3.10.1 Diseño a fatiga | 141 |
| 4.3.10.2 Diseño por rigidez | 143 |
| 4.3.10.3 Diseño por aplastamiento de la uña | 149 |
| 4.3.10.4 Diseño por corte lateral de la uña | 150 |
| 4.3.11 Diseño de eje | 151 |
| 4.3.11.1 Diseño de eje sujeta a cargas fluctuantes basada en la teoría de falla de cortante máximo | 157 |
| 4.3.11.2 Calculo de flexión del eje | 161 |
| 4.4 Selección de Materiales | 163 |
| CAPITULO 5 | |
| AUTOMATIZACION DEL PROCESO | 165 |
| 5.1 Visión Artificial | 165 |
| 5.1.1 Introducción al procesamiento de imágenes | 165 |
| 5.1.2 Definiciones | 165 |
| 5.1.3 Histograma de una imagen | 167 |
| 5.1.4 Relaciones de pixeles | 168 |
| 5.2 Ruido en imágenes | 169 |
| 5.3 Procesamiento espacial | 170 |
| 5.3.1 Operaciones aritméticas | 171 |
| 5.3.2 Operaciones lógicas | 173 |
| 5.3.3 Transformaciones geométricas | 174 |
| 5.3.3.1 Interpolacion | 174 |
| 5.3.3.2 Amplificación/reducción de imágenes | 175 |
| 5.4 Procesamiento básico de imágenes | 176 |
| 5.4.1 Binarización de una imagen | 176 |
| 5.4.2 Filtrado de una imagen | 176 |
| 5.4.2.1 Filtros lineales espaciales | 176 |
| 5.4.2.2 Filtro pasa baja espacial | 177 |
| 5.4.2.3 Filtro por la mediana | 178 |
| 5.5 Realce de bordes | 179 |
| 5.5.1 Detección de contornos | 179 |

| | |
|---|-----|
| 5.6 Iluminación | 180 |
| 5.6.1 Tipos de reflexión | 180 |
| 5.6.1.1 Reflexiones especulares | 181 |
| 5.6.1.2 Reflexiones difusa | 181 |
| 5.6.2 Tipos de iluminación | 182 |
| 5.6.2.1 Iluminación con laser | 182 |
| 5.6.2.2 Iluminación con LED | 183 |
| 5.6.2.3 Iluminación con fluorescente | 184 |
| 5.6.2.4 Iluminación por fibra óptica | 185 |
| 5.6.3 Técnicas de iluminación | 186 |
| 5.6.3.1 Iluminación posterior (backlight) | 186 |
| 5.6.3.2 Iluminación frontal oblicua y direccional | 186 |
| 5.6.3.3 Iluminación Frontal axial (difusa) | 187 |
| 5.7 Determinación de la instrumentación | 188 |
| 5.7.1 Software | 188 |
| 5.7.2 Hardware | 189 |
| 5.7.2.1 NI Smart Cámara | 189 |
| 5.7.2.2 Características de las NI Smart cameras 1722 y 1742 | 189 |
| 5.8 Programa contador | 191 |
| 5.9 Programa de verificación | 192 |
| | |
| CAPITULO 6 | |
| ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO | 195 |
| 6.1 Análisis económico | 195 |
| 6.1.1 Análisis de costos | 196 |
| 6.2 Análisis financiero | 199 |
| 6.2.1 Ingresos | 199 |
| 6.2.2 Egresos | 200 |
| | |
| CAPITULO 7 | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 205 |
| 7.1 Conclusiones | 205 |
| 7.2 Recomendaciones | 207 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 209 |

| | |
|---|-----|
| ANEXOS | 210 |
| 8.1 Deducción de formulas para Mecanismo Biela manivela | 211 |
| 8.2 Catálogo de pistones | 212 |
| 8.3 Catalogo de válvulas | 213 |
| 8.4 Catalogo de Chumaceras | 214 |
| 8.5 Datos técnicos de Cámaras NI Smart | 215 |
| 8.6 Tabla de Propiedades de aceros | 216 |
| 8.7 Manual de instalación de equipos | 217 |
| 8.7.1. Precaución para instalar la NI Smart Cámara | 217 |
| 8.7.2. Conexión a la fuente de alimentación | 217 |
| 8.7.3. Fuente de alimentación de la NI con I/O | 218 |
| 8.7.4. Instalación de NI Smart Cámara | 218 |
| 8.7.5. Configuración de la dirección IP | 220 |
| 8.7.6. Instalación de Software en la NI Smart cámara | 221 |
| 8.7.7. Adquisición de imágenes. | 221 |
| 8.8. Manual de usuario | 225 |
| 8.8.1 Programa de conteo | 225 |
| 8.8.2 Programa de Verificación | 226 |
| 8.9 Mantenimiento de equipos | 228 |
| 8.9.1 Mantenimiento de cámaras | 228 |
| 8.9.2 Mantenimiento de Mecanismo | 228 |
| 8.10 Diagramas de Conexión | 229 |
| 8.11 Planos | 230 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--|-----|-----|
| Tabla 2.1 Principales reacciones químicas en el proceso de afino | 18 | |
| Tabla 2.2 Características químicas de palanquilla de FUNASA | 21 | |
| Tabla 2.3 Características químicas de palanquillas importadas | 22 | |
| Tabla 2.4 Tabla de temperaturas en horno de precalentamiento | 23 | |
| Tabla 2.5 Maquinarias, Equipos y Herramientas utilizadas en el Proceso | 26 | |
| Tabla 2.6 Tabla de especificación de varillas | 26 | |
| | | |
| Tabla 3.7 Matriz de selección | 42 | |
| Tabla 3.8 Características técnicas NI 1722 | 51 | |
| Tabla 3.9 Características Técnicas NI 1742 | 52 | |
| Tabla 3.10 Tiempos operativos del mecanismo separador | 53 | |
| | | |
| Tabla 4.1 Tabla de especificación de varillas | 61 | |
| Tabla 4.2 Angulas de inclinación | 66 | |
| Tabla 4.3 tabla de fuerzas resultantes | 93 | |
| Tabla 4.4 Ángulos debido a la fuerza transversal | 94 | |
| Tabla 4.5 esfuerzos a diferentes secciones de la ña | 137 | |
| | | |
| Tabla 5.1. Tabla de especificación de colores | 154 | |
| Tabla 5.2 Filtro pasa bajo sencillo | 164 | |
| Tabla 5.3 filtro | 164 | |
| Tabla 5.4 Filtro pasa bajo general | 165 | |
| Tabla 5.5 Instrumentación necesaria | 190 | |
| | | |
| Tabla 6.11 Costo del sistema de visión artificial | 196 | |
| Tabla 6.12 Costo de mecanismo separador | 197 | 197 |
| Tabla 6. 13 Costo de ingeniería e investigación | 197 | |
| Tabla 6.14 Costo de mano de Obra | 197 | |
| Tabla 6.15 Costos insumos administrativos | 198 | |
| Tabla 6.16 Costo de imprevistos | 198 | |
| Tabla 6.17 Costo Total del Proyecto | 198 | |
| Tabla 6.18 Ingreso por sueldos | 199 | |
| Tabla 6.19 Ingreso por alimentación | 199 | |
| Tabla 6.20 Ingreso por vestimenta | 199 | |
| Tabla 6. 21 Ingreso Total | 199 | |
| Tabla 6. 22 Egresos por sueldo | 200 | |
| Tabla 6.23 Egresos por Alimentación | 200 | |
| Tabla 6. 24 Egresos por Vestimenta | 200 | |
| Tabla 6.25 Egresos por costo de energía eléctrica | 200 | |
| Tabla 6.26 Egreso por Mantenimiento | 200 | |
| Tabla 6. 27 Total de Egresos | 201 | |
| Tabla 6.28 Tabla de depreciación de equipos | 203 | |
| Tabla 6.29 Tabla de Flujo neto. TIR y VAN | 204 | |
| | | |
| Tabla8.30. Descripción de señales de la NI SMART Camera | 218 | |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Proceso de fundición | 6 |
| Figura 2.2 Alcantarilla fundida | 7 |
| Figura 2.3 Proceso de embutido | 9 |
| Figura 2.4. Proceso de laminación | 10 |
| Figura 2.5 Proceso de forjado | 10 |
| Figura 2.6 Proceso de estirado | 11 |
| Figura 2.7 Proceso de extrusión | 12 |
| Figura 2.8. Diagrama de Proceso de laminación | 13 |
| Figura 2.9 Camión con chatarra | 14 |
| Figura 2.10. Almacenamiento de chatarra | 14 |
| Figura 2.11 Almacenamiento de chatarra compactada | 15 |
| Figura 2.12. Horno eléctrico | 16 |
| Figura 2.13 Electrodo de grafito | 16 |
| Figura 2.14. Colada continua | 19 |
| Figura 2.15. Palanquillas | 21 |
| Figura 2.16. Horno de precalentamiento | 24 |
| Figura 2.17. Laminación | 25 |
| Figura 2.18 Operador contando varillas | 28 |
| Figura 2.19 varilla doblada | 28 |
| Figura 2.20. Diagrama simplificado de los sistemas de automatización | 30 |
| | |
| Figura 3.1. Separador de varillas mediante tornillo sin-fin | 31 |
| Figura 3.2. Sensor de presencia | 32 |
| Figura 3.3. Tornillo sin fin | 33 |
| Figura 3.4. Esquema contador electrónico | 34 |
| Figura 3.5. Ejemplos de aplicación de Visión Artificial | 37 |
| Figura 3.6. Esquema de algoritmo de análisis de imagen | 39 |
| Figura 3.7. NI Smart Camera | 40 |
| Figura 3.8. Imagen adquirida por la NI Smart Camera | 43 |
| Figura 3.9 Imagen sin luz de fondo | 43 |
| Figura 3.10. Cámara en la báscula de pesaje de varillas | 44 |
| Figura 3.11. Relación de FOV y D | 45 |
| Figura 3.12. Mesa de enfriamiento | 46 |
| Figura 3.13. Cámara en la mesa de enfriamiento | 46 |
| Figura 3.14. Esquema de separador mecánico | 47 |
| Figura 3.15. Varilla que no cumple con la calidad | 48 |
| Figura 3.16. Varillas de calidad | 48 |
| Figura 3.17. Reparación del atador de varillas | 49 |
| Figura 3.18. Lote de varillas de 8 mm. | 49 |
| | |
| Figura 4.1 Esquema explotado de mecanismo separador | 59 |
| Figura 4.1(a) Uña de separación explotada | 60 |
| Figura 4.1 (b) Biela manivela explotada | 60 |
| Figura 4.2 Esquema de uña separadora | 63 |
| Figura 4.3 Ventana de solidworks | 63 |
| Figura 4.4 Fuerza F vs θ | 66 |
| Figura 4.5 corrección de la Fuerza (θ) | 67 |
| Figura 4.6 Fuerza Ptotal vs θ | 67 |
| Figura 4.7 momento Moc vs θ | 68 |
| Figura 4.8 Mtc vs θ | 68 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.9 Biela manivela | 69 |
| Figura 4.10 esquema pistón Biela | 70 |
| Figura 4.11 Desplazamiento del pistón | 71 |
| Figura 4.12 Desplazamiento angular de la biela | 71 |
| Figura 4.13 Velocidad angular de la Biela | 72 |
| Figura 4.14 Velocidad del pistón | 72 |
| Figura 4.15 ángulo θ vs α | 73 |
| Figura 4.16 Fuerza al pistón | 74 |
| Figura 4.17 Fuerza U | 74 |
| Figura 4.18 Fuerza S | 75 |
| Figura 4.19 Fuerza T | 75 |
| Figura 4.20 corrección de la Fuerza (θ) | 76 |
| Figura 4.21 Fuerza F vs θ | 77 |
| Figura 4.22 Fuerza Ptotal vs θ | 77 |
| Figura 4.23 momento Moc1 vs θ | 78 |
| Figura 4.24 corrección de la Fuerza F2 | 79 |
| Figura 4.25 F2 vs θ | 79 |
| Figura 4.26 Ptotal2 vs θ | 80 |
| Figura 4.27 momento Moc2 vs θ | 80 |
| Figura 4.28 corrección de la Fuerza F3 | 81 |
| Figura 4.29 F3 vs θ | 82 |
| Figura 4.30 Ptotal3 vs θ | 82 |
| Figura 4.31 momento Moc3 vs θ | 83 |
| Figura 4.32 corrección de la Fuerza F4 | 84 |
| Figura 4.33 F4 vs θ | 84 |
| Figura 4.34 Ptotal4 vs θ | 85 |
| Figura 4.35 momento Moc4 vs θ | 85 |
| Figura 4.36 Mtc vs θ | 86 |
| Figura 4.37 Desplazamiento del pistón | 88 |
| Figura 4.38 Desplazamiento angular de la biela | 88 |
| Figura 4.39 Velocidad angular de la Biela | 89 |
| Figura 4.40 Velocidad del pistón | 89 |
| Figura 4.41 ángulo θ vs ángulo α | 90 |
| Figura 4.42 Fuerza al pistón | 91 |
| Figura 4.43 Fuerza U | 91 |
| Figura 4.44 Fuerza S | 92 |
| Figura 4.45 Fuerza T | 92 |
| Figura 4.46 Fuerza N | 93 |
| Figura 4.47 esquema de pistón anexos | 94 |
| Figura 4. 48 grafica de catalogo ROEMHELD B1.590 | 96 |
| Figura 4.49 Comparación de Fuerzas U y Ft63 con la carrera del pistón | 97 |
| Figura 4. 50 DCL pasador de abrazadera superior | 98 |
| Figura 4.51 Área para aplastamiento del pasador | 99 |
| Figura 4. 52 Esquema de la biela | 100 |
| Figura 4. 53 DCL de la biela | 100 |
| Figura 4. 54 Biela dimensiones | 101 |
| Figura 4.55 chaveta cuadrada abrazadera | 104 |
| Figura 4.56 esquema de la chaveta sujetador | 105 |
| Figura 4.57 Esparrago | 106 |
| Figura 4.58 Sección proyectada del esparrago en el sujetador | 107 |
| Figura 4.59 DCL de perno | 109 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.60 Dimensiones de la abrazadera superior | 109 |
| Figura 4.61 Esquema de ña y sujetadores | 115 |
| Figura 4.62 esquema de una don distancias a los pernos | 116 |
| Figura 4.63 sección transversal distancia entre pernos y Fuerzas V | 117 |
| Figura 4.64 esquema de la sección de aplastamiento del perno sujetador | 121 |
| Figura 4.65 Esquema de sujetador de la ña | 122 |
| Figura 4.66 Dimensiones de abrazadera superior | 124 |
| Figura 4.67 DCL abrazadera superior | 125 |
| Figura 4.68 Punto de análisis D | 126 |
| Figura 4.69 DCL viga en voladizo | 129 |
| Figura 4.70 Esquema de abrazadera superior para análisis deflexión | 133 |
| Figura 4.71 DCL ña | 134 |
| Figura 4.72 DCL ña como viga en voladizo | 134 |
| Figura 4.73 Sección transversal de la ña | 138 |
| Figura 4.74 grafica Momento vs distancia | 138 |
| Figura 4.75 Esfuerzo cortante en viga rectangular | 139 |
| Figura 4.76 Esquema de ña para diseño por rigidez | 143 |
| Figura 4.77 deflexión de una viga | 144 |
| Figura 4.78 Grafica de la variación de la fuerza lateral | 145 |
| Figura 4.79 DCL del eje | 151 |
| Figura 4.80 DCL del eje plano XY | 152 |
| Figura 4.81 DCL del eje plano XZ | 153 |
| Figura 4.82 Diagramas de carga, corte y momento del eje para plano XY | 155 |
| Figura 4.83 Diagramas de carga, corte y momento del eje para plano XZ | 156 |
| Figura 4.84 Eje soportando la tensión de trabajo a flexión | 161 |
| | |
| Figura 5.1. Pixel | 165 |
| Figura 5.2 Distribución del color | 166 |
| Figura 5.3. Intensidad de grises | 168 |
| Figura 5.4. Vecindad de N4(p) | 169 |
| Figura 5.5. Vecindad de ND(p) | 169 |
| Figura 5.6 Ruidos afectando a una imagen | 170 |
| Figura 5.7. Suma de imágenes | 171 |
| Figura 5.8. Efecto de sumar un escalar | 171 |
| Figura 5.9. Efecto de restar imágenes | 172 |
| Figura 5.10. Efecto de restar un escalar | 172 |
| Figura 5.11. Multiplicación de imágenes | 172 |
| Figura 5.12. Efecto de multiplicar un escalar | 173 |
| Figura 5.13. División de Imágenes | 173 |
| Figura 5.14. Operaciones lógicas aplicadas a imágenes binarias | 174 |
| Figura 5.15. Imagen original | 175 |
| Figura 5.16. Amplificación de la figura 5.15 usando diferentes métodos de interpolación | 175 |
| Figura 5.17. Imagen Binarizada | 176 |
| Figura 5.18. Mediana de a y obtención de la mediana | 178 |
| Figura 5.19. Realce de contornos | 179 |
| Figura 5.20 Grafico de detección de contornos | 180 |
| Figura 5.22 Reflexión especular | 181 |
| Figura 5.22. Reflexión Difusa | 182 |
| Figura 5.23 Laser | 183 |
| Figura 5.24. Iluminación por LED | 183 |

| | |
|---|------------|
| Figura 5.25. Fluorescentes | 184 |
| Figura 5.26. Fibra óptica | 185 |
| Figura 5.37 a iluminación posterior difusa | 186 |
| Figura 5.27 b iluminación posterior direccional | 187 |
| Figura 5.28 Iluminación Frontal Oblicua y Direccional | 187 |
| Figura 5.29 Iluminación frontal axial | 187 |
| Figura 5.30 NI Smart camera | 189 |
| | |
| Figura 8.4. Conexión de la NI a la fuente de poder | 217 |
| Figura 8.5. Conector de poder I/O de la NI 17XX | 217 |
| Figura 8.6. Ventana de Inicio de Vision Builder | 219 |
| Figura 8.7. Configuración de IP | 219 |
| Figura 8.8. Actualización de cámara | 220 |
| Figura 8.9. Ventana de inicio del LabVIEW | 221 |
| Figura 8.10. Cargando cámara en LabVIEW | 221 |
| Figura 8.11. Insertando VI en Camara | 222 |
| Figura 8.12. Insertando Vision Acquisition | 222 |
| Figura 8.13. Aplicando Continuous acquisition with inline processing | 223 |
| Figura 8.14 Adquisición de imagen desde NI Smart Cámara | 223 |
| Figura8.15 Pantalla de programa de conteo | 224 |
| Figura 8.16. Pantalla del programa de verificación | 225 |

RESUMEN

En la industria siderúrgica de la elaboración de productos de acero, especialmente en la producción de varillas, se han encontrado con la dificultad al momento de realizar el conteo y su posterior verificación, el sistema de conteo actual que tiene la empresa ANDEC es de forma manual, donde los operarios son los encargados de realizar el conteo en la mesa de enfriamiento, exponiendo su integridad física; la verificación del producto terminado se la realiza mediante un control del peso de los lotes utilizando una balanza, estos dos sistemas han demostrado poca eficiencia.

La elaboración del proyecto tiene como objetivo el diseñar un sistema que permita automatizar el proceso de agrupamiento, conteo y su posterior verificación de varillas en la línea de salida, para la empresa ANDEC, con el fin de evitar el contacto entre los operadores y las varillas que han demostrado ser peligrosas por sus filos expuestos y las altas temperaturas a las que se encuentran.

Mediante el estudio e investigación de posibles soluciones para el conteo y verificación del número de varillas, se escogió la posibilidad de un sistema de visión artificial, con la utilización de cámaras inteligentes NI Smart 17xx en las cuales se descarga el programa de conteo, estas se encargan de la adquisición y procesamiento de imágenes, las cuales se deberán instalar en la mesa de enfriamiento para el conteo y en la báscula de producto terminado para la verificación.

Con las pruebas realizadas con el sistema de visión artificial, se obtuvieron excelentes resultados en el conteo y verificación de las varillas, garantizando lotes completos, ahorro en tiempo de producción y de personal, así como satisfacer las expectativas de la empresa y de los usuarios.

El desarrollo del programa de visión artificial para contar y verificar las varillas, es la mejor opción que se le presenta a la empresa ya que cumple con las especificaciones y necesidades que necesitan, garantizando principalmente lotes completos.