

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Proyecto Industrial Terminal

“Desarrollo de escáner de ultrasonido industrial para
inspección a tanques de almacenamiento”

Para obtener la especialidad en: 006953

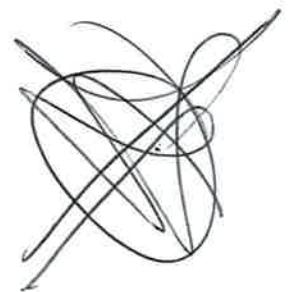
“TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA”

Alumno: José de Jesús Díaz Cruz

Tutor académico: M.I. Julio Cesar Solano Vargas

Tutor externo: Ing. Pedro Ramón Espina Guzmán

Querétaro, Qro. Septiembre 2013



Resumen

El presente trabajo, describe el proceso de diseño, programación y simulación de un escáner automatizado, basado en la técnica de ultrasonido, para la detección de corrosión en trabajos de campo, enfocados principalmente a tanques de almacenamiento. El sistema consiste en una inspección automática, el operario posiciona el escáner de forma manual en la parte a analizar, después el equipo hace todo el recorrido de forma automatizada. Los datos recabados en la inspección son procesados por una interfaz con la cual se logra la unión del software Labview-ultrasonido, programa en el cual se muestran los datos de forma esquemática representando una vista en modo C-Scan, dichos datos son almacenados para su uso futuro.

Índice

1. Generalidades	5
1.1 Justificación	5
1.2 Alcances del proyecto	6
1.3 Objetivos	7
2. Marco teórico	8
2.1. Ultrasonido industrial	8
2.1.1. Equipo necesario	9
2.1.2. Generación de ultrasonido	11
2.1.3. Sistema básico de transmisión pulso-eco	13
2.1.4. Presentación de señales	13
2.2. Software Labview	16
2.3. Software CoDeSys	21
2.4. Tarjeta de adquisición de datos (DAQ)	23
2.5. Automatización	25
2.6. Software SolidWorks	28
2.7. UTWin	31
3. Desarrollo	33
3.1. Planeación	33
3.2. Diseño conceptual	35
3.3. Diseño a detalle	38
3.4. Programación	56
3.4.1. Programación en controlador lógico programable (PLC)	56
3.4.2. Programación de procesamiento de datos obtenidos por el haz de Ultrasonido	67
3.5. Cotización	65
3.6. Resultados finales	66
Conclusiones	67
Bibliografía	68

Índice de figuras

2.1. Pulso-eco	13
2.2. Labview	16
2.3. Panel frontal	20
2.4. Diagrama de bloques	20
2.5. CoDeSys	21
2.6. LD en CoDeSys	22
2.7. DAQ 6009	24
2.8. Puertos DAQ	25
2.9. Sistema operativo	26
2.10. Sistema de mando	27
2.11. SolidWorks	28
2.12. Módulos	29
2.13. Multiplataforma	30
2.14. Diseño	31
2.15. UTWin	32
3.1. Primer diseño	35
3.2. Diseño no definido	37
3.3. Estructura	46
3.4. Sistema de transmisión	47
3.5. Junta universal	48
3.6. Juego de engranes	48
3.7. Tapa de engranes	49
3.8. Llantas acopladas	50
3.9. Ensamble	50
3.10. Orificios para pernos	51
3.11. Movilidad	51
3.12. Actuador lineal	52
3.13. Servomotor del actuador	52
3.14. Soporte del transductor	53

3.15. Carcasa	54
3.16. Cadena y conector	54
3.17. Defensa	55
3.18. Diseño final	55
3.19. Programas realizados	60
3.20. Programa principal 1 de 3	61
3.21. Programa principal 2 de 3	62
3.22. Programa principal 3 de 3	63
3.23. Primer barrido 1 de 3	63
3.24. Primer barrido 2 de 3	64
3.25. Primer barrido 3 de 3	65
3.26. Segundo barrido 1 de 3	65
3.27. Segundo barrido 2 de 3	66
3.28. Segundo barrido 3 de 3	67
3.29. Interfaz Labview	68
3.30. Interfaz (diagrama de bloques)	69
3.31. Obtención de datos	72
3.32. Configuración de la DAQ 1 de 5	73
3.33. Configuración de la DAQ 2 de 5	73
3.34. Configuración de la DAQ 3 de 5	74
3.35. Configuración de la DAQ 4 de 5	75
3.36. Configuración de la DAQ 5 de 5	75
3.37. Selección de color	76

Índice de tablas

2.1. Ultrasonido industrial	8
2.2 Equipo básico 1 de 2	10
2.3. Equipo básico 2 de 2	11
2.4. Efecto piezoeléctrico	12
2.5. Presentación de señales	14
3.1. Elementos comprados 1 de 4	38
3.2. Elementos comprados 2 de 4	39
3.3. Elementos comprados 3 de 4	40
3.4. Elementos comprados 4 de 4	41
3.5. Elementos diseñados 1 de 5	42
3.6. Elementos diseñados 2 de 5	43
3.7. Elementos diseñados 3 de 5	44
3.8. Elementos diseñados 4 de 5	45
3.9. Elementos diseñados 5 de 5	46
3.10. Variables del PLC 1 de 4	57
3.11. Variables del PLC 2 de 4	58
3.12. Variables del PLC 3 de 4	59
3.13. Variables del PLC 4 de 4	60
3.14. Datos técnicos 1 de 2	70
3.15. Datos técnicos 2 de 2	71
3.16. Cotización	79

1. Generalidades

Las generalidades que se presentan en este proyecto se mencionan en los siguientes tres puntos.

1.1. Justificación

006953

Los Ensayos No Destructivos (END) son utilizados para la detección y evaluación de discontinuidades y defectos, para la caracterización de los materiales y el control de calidad en componentes de materiales metálicos. En la industria relacionada con el campo de la tecnología aeronáutica, como la del sector nuclear, los END son rápidamente implementados y desarrollados debido a la fundamental razón de la seguridad. Además de los métodos tradicionales, es continuo el desarrollo de nuevas técnicas y procesos, así como de avances tecnológicos que requieren un mayor conocimiento específico.

Los métodos no destructivos juegan un papel importante en la caracterización y evaluación de los materiales compuestos, en los diferentes métodos no destructivos, la inspección por ultrasonido es el método más utilizado en la actualidad. La inspección con ultrasonido en conjunto con la técnica de radiografía arrojan resultados precisos, confiables y repetibles.

Los END son técnicas de inspección que se utilizan para verificar la sanidad interna y externa de piezas, elementos y materiales sin deteriorarlos, ni alterar o afectar en forma permanente sus propiedades físicas químicas y mecánicas. Son usados en la materia prima durante el proceso de fabricación o en producto final, así como para encontrar discontinuidades que se generan durante en servicio, lo cual permite la remoción previa de la pieza dañada y previene así un desastre. Son usados para producir productos más confiables y seguros, tanto en la producción de aeronaves, en tecnología nuclear, en exploración espacial, en tanques y recipientes a presión.

La realización de este proyecto contribuye al desarrollo de este país, en pro del avance en cuanto a tecnología se refiere, ya que deja claro los intereses que se tienen por las nuevas tecnologías, el estar a la vanguardia significa la preocupación de mejorar constantemente, de brindar servicios de calidad, y de obtener los mejores resultados, logrando sobresalir en el ámbito industrial. Es claro que la economía no se encuentra en el mejor momento para gastar dinero en cosas sin importancia, pero las buenas inversiones siempre valen la pena llevarlas a cabo, son esos pasos que hacen la diferencia entre un alguien que sabe aprovechar las oportunidades o alguien que solo las ve pasar.

Es por ello que la inversión planteada en la construcción de un sistema de escáner como éste, es de suma importancia, resulta a primera vista algo cuantioso pero, con un tiempo de amortización de aproximadamente año y medio, calculando que las inspecciones a tanques sean escasas y de 10 a 12 meses en una buena temporada de inspecciones. A partir de entonces las ganancias por el uso de dicho escáner son equivalentes a un 90% no dejando a un lado que el sistema requiere de un plan de mantenimiento preventivo a fin de mantener en óptimas condiciones el equipo, respaldando con ello el buen funcionamiento y la propia inversión.

1.2. Alcances del proyecto

Los alcances de este proyecto se describen a continuación.

- Mostrar de forma gráfica una región determinada de cualquier tanque
- Reducir los tiempos de inspección para determinar discontinuidades.
- Mejorar la calidad de la inspección mediante un sistema preciso y fácil de manipular.
- Desarrollo de un sistema confiable a bajo costo en comparación con sistemas similares.

- Fomentar el desarrollo de tecnología dentro del área de ensayos no destructivos.
- Obtener certificaciones que promuevan la comercialización del sistema, en base a normas aplicables.
- Reducir el riesgo de trabajo al personal que realiza la inspección.

1.3. Objetivos

Los objetivos de este proyecto se describen a continuación

- Desarrollo de un sistema con capacidad de realizar inspecciones sobre tanques de almacenamiento de/ forma confiable.
- Diseño de un sistema de menor costo en comparación con los existentes en el mercado.
- Brindar servicios de calidad en análisis y detección de fallas.
- Interpretación clara de los resultados obtenidos por medio de esquemas

2. Marco teórico

Todos los elementos que constituye este proyecto son seleccionados cuidadosamente, de acuerdo a sus capacidades en cada uno de sus ámbitos de aplicación, a continuación se hace mención a estos diferentes conceptos, componentes y sistemas, los cuales son base fundamental en este trabajo.

2.1. Ultrasonido industrial

El ultrasonido son vibraciones mecánicas que se transmiten en el material, por medio de ondas de la misma naturaleza que el sonido, pero con una frecuencia mayor a los 20 000 ciclos/segundo (Hz), fuera del rango audible al oído humano. Se transmite por medio de un palpador ultrasónico, al interacción de la energía con el material puede indicar la velocidad de medición, la densidad del material, su espesor o bien la presencia de discontinuidades. En la tabla 2.1 se muestran las ventajas y limitaciones del ultrasonido.

ULTRASONIDO INDUSTRIAL	
VENTAJAS	LIMITACIONES
Buena resolución	Atención y concentración
Mayor exactitud	Conocimiento técnico
Alta sensibilidad	Uso de patrones de referencia
Alto poder de penetración	Alto costo de equipo y accesorios
Gran velocidad de prueba	Requiere acoplante
Interpretación inmediata	Patrón de referencia calibrado y avalado
No utiliza radiaciones perjudiciales	Piezas complejas son difíciles de inspeccionar
Registro permanente en PC	Equipo no apto para uso rudo

Tabla 2.1. Ultrasonido industrial

2.1.1. Equipo necesario

Existen variedades de equipos de diferentes marcas, modelos, tamaños, formas, presentación de resultados, etc. La selección del tipo de equipo se hace de acuerdo a la necesidad que se tenga, y al sistema de transmisión apropiado, sin embargo el tipo de sistema tipo "Pulso-eco" es el más utilizado en la actualidad, el equipo necesario se muestran en las tablas 2.2. y 2.3.

Transductor:

Es una de las unidades básicas en la inspección por ultrasonido y se considera como parte del mismo, mediante éste la energía mecánica se convierte en eléctrica y viceversa. Las unidades de rastreo con transductores piezoeléctricos están disponibles en muchos tipos y formas.

Conector:

Uno de los accesorios del sistema de ultrasonido es el cable coaxial, el cual cumple la función de unir al instrumento de medición con el palpador. Los más comunes son: Microdot, BNC, UHF, Lemo, Tuchel.

Acoplante:

Para detectar una inspección por contacto satisfactoria con palpadores piezoeléctricos es necesario eliminar el aire que se encuentra entre el palpador y la pieza de ensayo mediante el uso de un acoplante. Los acoplantes más comunes son el agua, aceites, glicerina, grasas de petróleo, grasa de silicón, pasta de tapiz y varias sustancias comerciales tipo pasta.

EQUIPO BÁSICO PARA INSPECCIÓN		
Generador de señales	Medio por el cual se representan los pulsos e imágenes propias del material a inspeccionar	
Palpador	Elemento esencial ya que por medio, de estos es posible la percepción de la estructura del material	
Acoplante	Gracias a este medio es posible lograr una interpretación más exacta del material ya que este elimina los espacios vacíos entre el palpador y la pieza, impidiendo así pérdida de señal.	
Conector	Como su nombre lo menciona es la parte que une al generador con el palpador, llevando información requerida de la inspección.	
Zapatas	Estas piezas brindan una gran diversidad de ángulos al momento de la inspección, ya que en ocasiones es necesario que el haz de ultrasonido entre en la pieza con cierto grado de inclinación	

Tabla 2.2 Equipo básico 1 de 2

Continuación de tabla 2.2. Equipo básico 1 de 2


Bloques de calibración	Como en todo proceso que requiere de una exactitud al momento de su ejecución, el ultrasonido requiere de una calibración previa con bloques avalados ante las normas correspondientes. Logrando con esto obtener resultados óptimos y confiables.	
------------------------	---	--

Tabla 2.3. Equipo básico 2 de 2

2.1.2. Generación de ultrasonido

Hay muchas formas de generar ultrasonido dentro de los cuales destacan la electroestricción, magnetoestricción y el efecto piezoeléctrico. La generación y detección de ondas ultrasónicas para inspección se logra por medio de un elemento transductor que actúa a través de un acoplante, el elemento transductor esta contenido dentro de un dispositivo conocido como unidad de rastreo (o algunas veces conocido como palpador), los elementos piezoeléctricos son los más usados en los transductores para inspección ultrasónica.

Efecto piezoeléctrico

Es electricidad inducida mediante presión, ésta propiedad es característica de algunos compuestos cristalinos naturales y algunos materiales hechos por el hombre. Se desarrolla una carga eléctrica por el cristal cuando se le aplica una presión, inversamente cuando se le aplica un campo eléctrico el cristal se deforma, los cristales piezoeléctricos muestran varios modos de deformación, la expansión del espesor es el modo más usado en la inspección ultrasónica.

Los tipos de materiales más usados en las unidades de rastreo son el cuarzo, sulfato de litio, cerámicas polarizadas como el titanio de bario, titanio de plomo, zirconato y metanobato de plomo.

Los diferentes efectos piezoeléctricos más comunes se mencionan en la tabla 2.4.

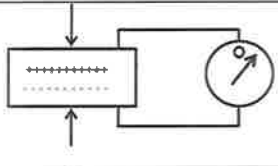
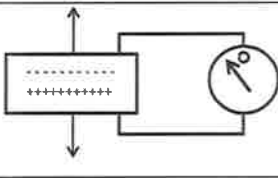
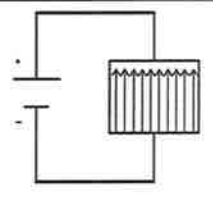
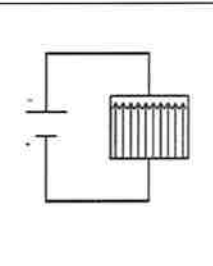
Tipo	Causa	Esquema	Efecto
Efecto piezoeléctrico directo	Cristal sujeto a presión		Corriente eléctrica positiva
	cristal sujeto a tensión		Corriente eléctrica negativa
Efecto piezoeléctrico indirecto	Corriente eléctrica positiva aplicada a la superficie		Dilatación del cristal del cristal
	Corriente eléctrica negativa aplicada a la superficie		Contracción del cristal del cristal

Tabla 2.4. Efecto piezoeléctrico

2.1.3. Sistema básico de transmisión pulso-eco

Consiste en hacer incidir pulsos cortos de vibraciones ultrasónicas sobre un cuerpo, de tal forma que la energía reflejada en las discontinuidades o en la pared posterior hasta proporcionar una buena base para poder valorar el tiempo transcurrido en ida y vuelta del pulso, permitiendo así determinar la distancia a la cual se encuentran las discontinuidades desde la superficie o pared posterior, tal y como se muestra en la figura 2.1.

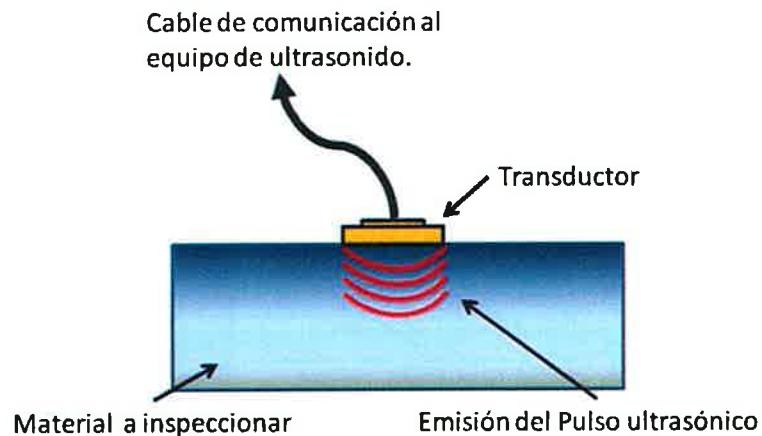


Figura 2.1. Pulso-eco

2.1.4. Presentación de señales

La presentación de las señales depende del tipo de ultrasonido usado, existen tres tipos de presentaciones estandarizadas, como se muestra en la tabla 2.5, las cuales constan de características muy diferentes entre ellos, que van desde una simple representación gráfica hasta un colorido mapa de identificación, basada en tonalidades predefinidas.

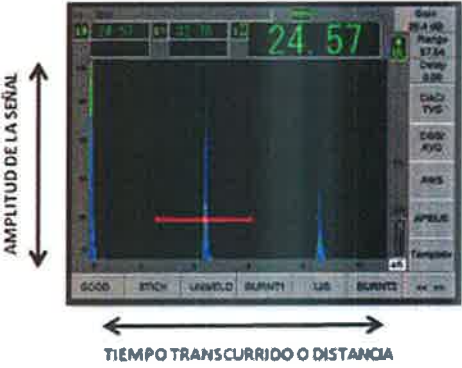
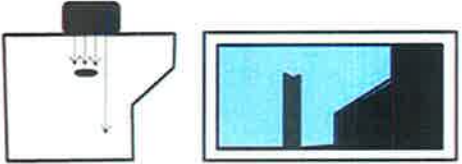
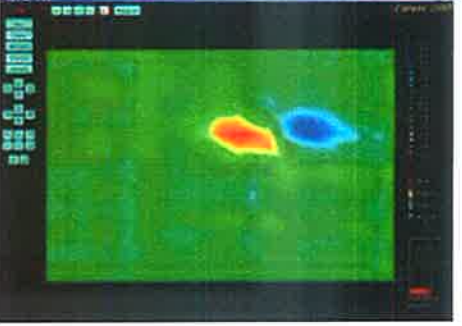
TIPOS DE SEÑALES	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Señal A-Scan	Imagen básica representada en la pantalla del equipo de ultrasonido, consta de pulsos los cuales indican las características de la pieza, basados en un sistema de amplitud con respecto al tiempo.	
Señal B-Scan	La representación de este tipo de señal se basa en un enfoque lateral a fin de lograr una representación. más real de las fallas en el material	
Señal C-Scan	La señal es representada semejando una vista aérea del material en la cual hace resaltar con tonalidades contrastantes, las variantes que existen en la pieza.	

Tabla 2.5. Presentación de señales

La inspección ultrasónica de metales es usado principalmente para la detección de discontinuidades. Este método es excelente para detectar fallas internas en la mayoría de los metales y aleaciones de ingeniería. También se inspeccionan uniones producidas por soldaduras y uniones adhesivas. Se han desarrollado técnicas en línea para monitoreo y clasificación de materiales como aceptables o rechazables para el control de procesos, usado también para el control de calidad e inspección de

materiales en industrias grandes, esto incluye manufactura de componentes eléctricos y electrónicos, producción de materiales metálicos y compuestos, fabricación de estructuras como tuberías y recipientes a presión, naves, puentes, vehículos de motor, maquinaria, motores de jet.

La inspección ultrasónica en servicio para mantenimiento preventivo es usado para detectar las fallas inminentes, de los ejes de las locomotoras, columnas de presión, equipo de minería, sistemas nucleares y otras máquinas y componentes. Algunos de los equipos o elementos de maquinaria que son inspeccionados por ultrasonido para detectar discontinuidades son:

- Componentes giratorios: Rodillos, flechas, transmisiones y columnas de presión.
- Equipo de potencia: Forjas de turbinas, rotores de generador, tubería de presión, soldadura, recipientes a presión, elementos para combustibles nucleares y otros componentes de reactores.
- Partes de motores a chorro: Forjas de turbinas y compresores y bancos de engranes.
- Componentes de aviones: ensambles.
- Materiales de maquinaria. Bloques fundidos, aceros de herramientas y tubería.
- Partes de locomotora: Ejes, ruedas, vías y soldaduras en éstas.
- Partes automotrices: Forjas, fundiciones dúctiles y componentes soldados.

Las discontinuidades a ser detectadas incluyen poros, inclusiones, laminaciones, sopladuras, huecos, etc. Pueden estar incluidas en el material suministrado, resultado de la fabricación y tratamiento térmico, u ocurren en el servicio por fatiga, impacto, abrasión, corrosión u otras causas. Son utilizadas también para medir espesores de secciones de metal, realizados para procesos químicos y refinerías, placas, fundiciones, secciones de aeronaves, recipientes a presión y cubiertas submarinas.

Los métodos de inspección por medio de ultrasonido son particularmente apropiados para el conocimiento de pérdida de espesor por corrosión dentro de sistemas cerrados, tales como equipos de procesamiento químico, mediciones que se hacen sin parar el proceso.

Se emplean métodos de ultrasonido para diversos problemas, como el grado de crecimiento de fisuras por fatiga, detección de excentricidades de poros, medición del módulo elástico, estudio de juntas a presión, determinación de la modularidad en el hierro fundido e investigación metalúrgica en fenómenos tales como cristalización, endurecimiento y conteo de inclusiones en varios metales.

2.2. Software LabView

LabView es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de mediciones y presentaciones de datos. La figura 2.2 nos muestra de forma gráfica dicho programa, el cual brinda la flexibilidad de un poderoso ambiente de programación sin mucha complejidad



Figura 2.2. Labview

A diferencia de los lenguajes de propósito general, Labview provee funcionalidad específica para que pueda acelerar el desarrollo de aplicaciones de medición, control y automatización, recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad.

El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje gráfico. Los programas desarrollados con Labview se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen proviene del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc.

Un lema tradicional de Labview es: "La potencia está en el Software", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más potente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) además permite la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo.

Labview consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes. Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con Labview y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él.

Para los amantes de lo complejo, con Labview se crean programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas

prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación.

El Labview más actualizado introduce un nuevo tipo de subVI llamado VIs Expreso (Express VIS).

Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expreso. El VIs estándar son VIs modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de Labview.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - Puerto serie
 - Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - TCP/IP
 - Bluetooth
 - USB

- Capacidad para interactuar con otros lenguajes y aplicaciones
 - Librerías de funciones
 - .NET
 - Multisim
 - Matlab
 - AutoCAD

- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.

- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Control de movimiento
- Tiempo real
- Sincronización entre dispositivos

Es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de estar una gran cantidad de tiempo en programar un dispositivo/bloque, se le permite invertir mucho menos tiempo, dedicándose un poco más en la interfaz gráfica y la interacción con el usuario final. Cada VI consta de dos partes diferenciadas:

Panel Frontal

Utilizado para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. El operador puede observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos) un ejemplo es una calculadora, donde el usuario le pone las entradas, y el programa arroja un resultado en la salida, tal y como se muestra en la figura 2.3. En esta interfaz se definen los controles (como entradas, botones, marcadores etc.) e indicadores (como salidas, gráficas, etc.).

Diagrama de Bloques

Es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan entre sí, es la parte o código que controla el programa. Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.

Cada uno de estos elementos tiene asignado parte del diagrama de bloques, es decir el usuario puede diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, esto se ve reflejado en el diagrama de bloques. Se observa en la figura 2.4, los mismos elementos que en la figura 2.3, solo que en esta ventana ocupan forma de bloques listos para ser interconectados.

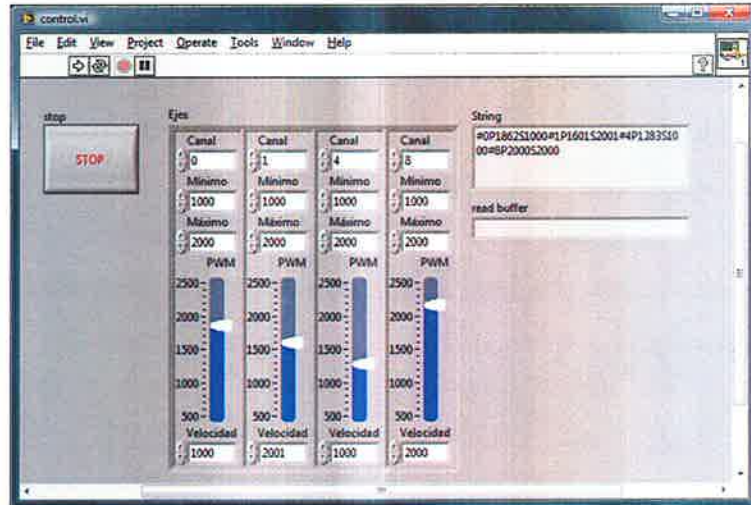


Figura 2.3. Panel frontal

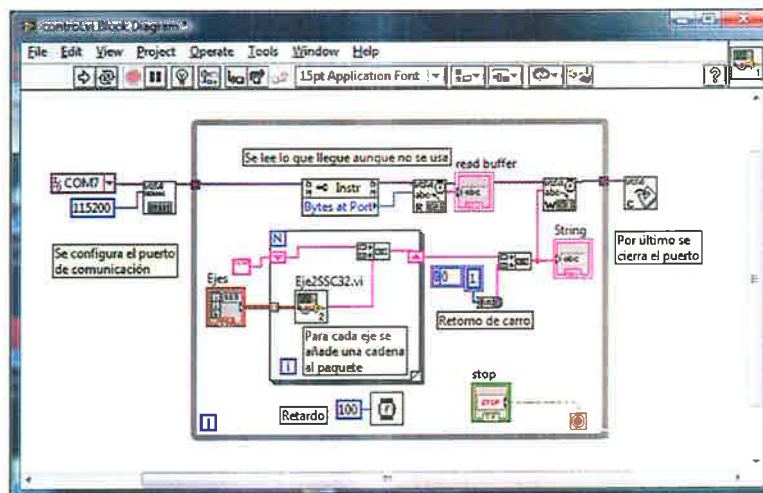


Figura 2.4. Diagrama de bloques

2.3. Software CoDeSys

El término CoDeSys es un acrónimo y significa Sistema de Desarrollo de Controladores, es un software de programación industrial desarrollado por la empresa Alemana 3S. Este software que se muestra en la figura 2.5 tiene como objetivo crear un entorno de programación de Automatismos (PLC) estándar, 3S creó una alianza con distintos fabricantes y todos ellos, tiene la preocupación única, de desarrollar un hardware compatible con CoDeSys, es decir, se ahorran el tener que desarrollar un costoso software para sus autómatas.

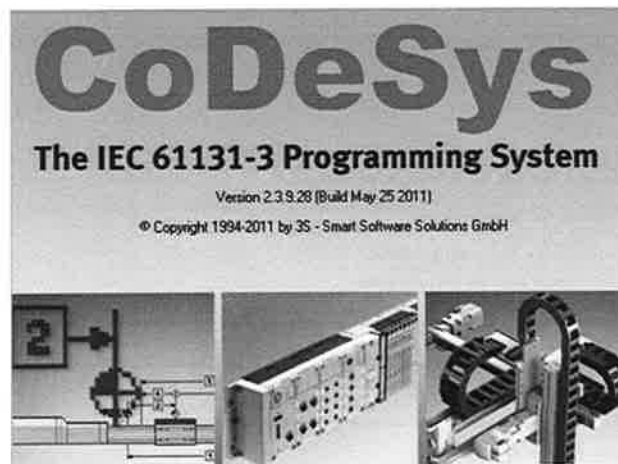


Figura 2.5. CoDeSys

Los seis lenguajes de programación para aplicaciones disponibles en el entorno de desarrollo CODESYS son:

- IL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación parecido al lenguaje ensamblador.
- ST (texto estructurado) es similar a la programación en PASCAL o C, Lenguajes Gráficos

- LD (Diagrama Ladder) permite al programador combinar los contactos de relé y las bobinas, tal y como se muestra en la figura 2.6. Es el lenguaje de Programación de PLC por excelencia.
- FBD (diagrama de bloques de función) permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana.
- SFC (Bloques de función secuenciales) es conveniente para los procesos de programación secuencial
- Dispone también de un editor gráfico que es una especie de editor de FBD libre, donde las conexiones entre las entradas, salidas y los operadores se fijan automáticamente. Todas las cajas se pueden colocar libremente, lo que permite programar ciclos de retroalimentación provisional sin variables.

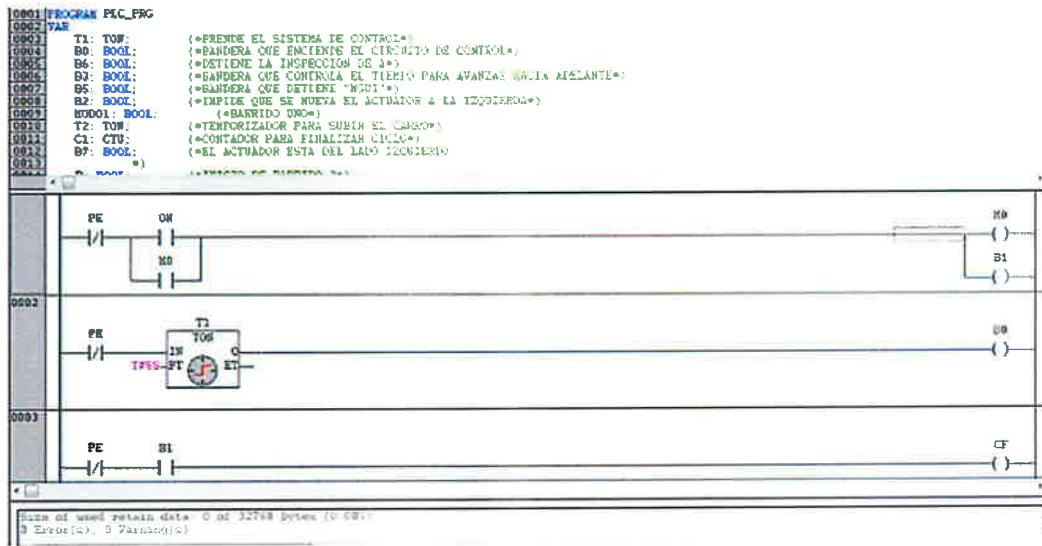


Figura 2.6. LD en CoDeSys

¿Cuántos programas han desarrollado cada una de las empresas? ¿Cuánto esfuerzo y horas? ¿Pertenece realmente todo ese esfuerzo a solo una compañía? ¿Cuánto cuesta cambiar de proveedor?,

Es el fabricante o programador, quien dispone de la propiedad de sus códigos, el porqué es claro, en cualquier momento es el cliente que elige el proveedor de PLC sin la preocupación de que implica a nivel de programación y cambios en las máquinas.

Gracias a CoDeSys ya no es más un rehén del proveedor. Esto es sumamente importante cuando lo que se necesita es reducir costos, sin aumentarlos en grandes cantidades de horas de programación, flexibilizar las máquinas etc. ¿Cómo puede ser que cambie el PLC y no el programa? El mismo programa puede ser utilizado por distintos autómatas de cualquier otro fabricante de la alianza, y en un momento dado, el programador únicamente tiene que mapear las E/S físicas del equipo nuevo, esto no es así al 100% hay que tener en cuenta librerías particulares que se puedan estar utilizando de los distintos fabricantes.

Así pues, ¿cuál es la diferencia entre los PLC de los fabricantes de CoDeSys?. Los fabricantes de PLC para CoDeSys tienen un importante ahorro en desarrollo de software, así que estos tienen que tomar la decisión de crear un PLC más potente, versátil o escalable, más potente tecnológicamente o reducir el costo del producto, así que el auténtico beneficiado es el fabricante.

Por otro lado, los distintos fabricantes se difieren en las librerías con funciones adicionales que desarrollan para sus equipos, esto viene a diferenciar los productos finales, estas librerías tienen el objetivo de facilitar la programación de tareas más completas, como el control de motores, ejes que permitan interpolación, captura de datos de cámaras de visión artificial etc.

2.4. Tarjeta de adquisición de datos (DAQ)

El dispositivo de adquisición de datos o DAQ USB-6009 que se muestra en la figura 2.7. Es un dispositivo de bajo costo ideal para crear mediciones de entradas análogas y con funcionalidad para generar niveles de voltaje de salida, un contador y

dos puertos con 8 líneas de entradas y salidas digitales. Esta funcionalidad se puede realizar simultáneamente para solucionar aplicaciones que van desde registradores de datos, adquisición analógica con alarmas, conteo de eventos, hasta control de lazo cerrado. Al usar Labview desarrollar este tipo de aplicaciones es sencillo y además permite la flexibilidad de expandir la funcionalidad.



Figura 2.7. DAQ 6009

Dentro de las características principales de la DAQ - 6009 se puede mencionar que tiene 8 canales de entrada analógica (AI) referenciados a tierra, una velocidad de muestreo de 48k/s y un voltaje de trabajo de $\pm 10V$. Estos 8 canales pueden ser utilizados como 4 entradas diferenciales.

La DAQ tiene 2 salidas analógicas de 12 bits de resolución que se actualizan con una frecuencia de 150Hz, con un rango de salida de 0 a +5V con una corriente de salida de 5 mA y una corriente de corto circuito de 50 mA. Cuenta con 12 puertos digitales, 4 de entrada (PI) y 8 de salida (PO), con un rango de voltaje de 5 volts y con una corriente de salida de hasta 8.5 mA, tal y como se observa en la figura 2.8.

Tiene un pin que proporciona un voltaje de salida de +5V y 200 mA máximo para alimentar algún dispositivo externo.

Tiene un reloj con resolución de 32 bits con una frecuencia máxima de 5 MHz y un bus de 12 Mb/s.

Se alimenta del USB con un voltaje que va de 4.10 a 5.25 VDC, con un rango de corriente de 80 – 500 mA

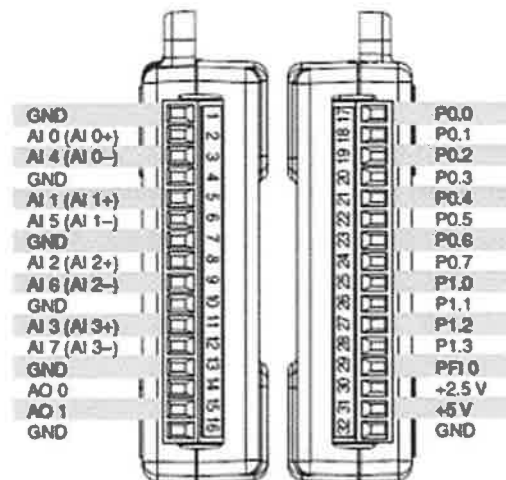


Figura 2.8. Puertos DAQ

2.5. Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte operativa
- Parte de mando

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada, un ejemplo muy claro es el que se observa en la figura 2.9. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera etc.

La Parte de Mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada), mostrados en la figura 2.10. En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

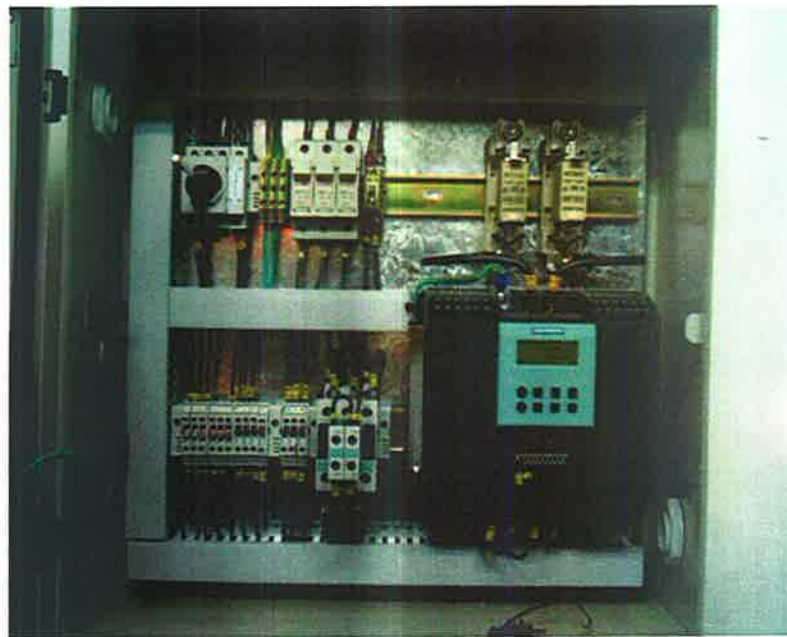


Figura 2.9. Sistema operativo.

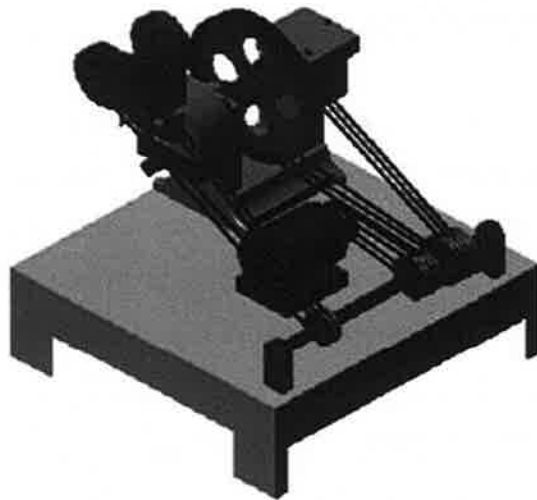


Figura 2.10. Sistema de mando

Los objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.6. Software SolidWorks

Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp, logo que se muestra en la figura 2.11. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD.

El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.



Figura 2.11. SolidWorks

Las principales características que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza un gestor de diseño que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de

croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados. Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo , SolidWorks incluye Herramientas de Productividad , de Gestión de Proyectos , de Presentación y de Análisis y Simulación que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

Es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

Se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos. Contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo, como se muestra en la figura 2.12. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque se observa, están asociados y vinculados entre ellos:

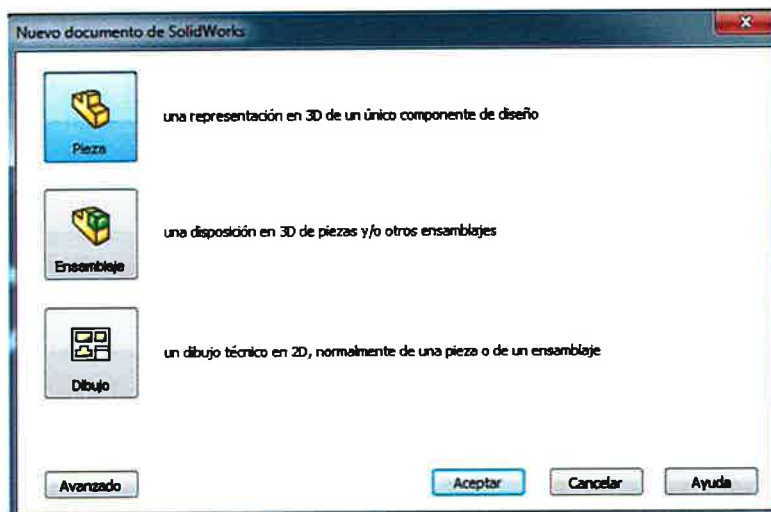


Figura 2.12. Módulos

Durante años los equipos de ingeniería han lidiado con software CAD, (Diseño Asistido por Computadora) que generan demoras en el diseño de productos por su capacidad limitada de herramientas que solucionan los retos del diseño. Programas como AutoCAD, AutoCAD Mechanical o Inventor ofrecen estas limitadas soluciones.

SolidWorks es una solución integral para abordar todos los retos del diseño CAD en 3D. Una solución que permite a millones de ingenieros y equipos de diseño transformar la innovación en un éxito empresarial. Es un proveedor líder en el mercado de diseño CAD en 3D.

Esta solución integra potentes herramientas de CAD en 3D como: creación de piezas, ensambles y planos, mostradas en la figura 2.13, herramientas de simulación, cálculo de costos, animación y administración de datos de producto; permite crear, validar y comunicar diseños de manera más fácil, simple y eficiente. Como resultado, maximiza la productividad de los recursos de ingeniería



Figura 2.13. Multiplataforma

Es fácil y rápido de aprender (Intuitivo.) Emplea un conjunto de herramientas CAD 3D, con potentes funciones para creación de piezas, ensambles y planos. Permite que las ideas se conviertan en realidad rápidamente, acelerando el desarrollo de

nuevos diseños, partiendo de modelos que fueron realizados anteriormente (información histórica.)

Comprueba antes de la fabricación que el diseño sí se puede producir, gracias a las pruebas de simulación (Prototipo Virtual.), un ejemplo muy claro se puede notar en la figura 2.14, ya que genera una simulación muy enfocada a cada requerimiento. Permite compartir y comunicar alrededor de toda la empresa, Clientes y Proveedores, los datos de Ingeniería, de forma rápida y eficiente.



Figura 2.14. Diseño

2.7. UTWin

Sirve como una interfaz en tiempo real y proporciona un método para programar los ajustes deseados en el dispositivo para la operación en modo autónomo. Es decir, es un dispositivo que funge como fuente de señales conocidas como ultrasonido, las cuales se encuentran fuera del alcance de la percepción del oído humano.

Una muy buena opción, que debe tomarse en cuenta, cuando lo que se busca en un equipo es, el ahorro de espacio, fácil portabilidad, sin el requerimiento de una fuente

de energía extra, ya que se alimenta por medio de un puerto USB, este dispositivo es mostrado en la figura 2.15.

Las señales que emite este instrumento, ayudan a la correcta evaluación de los diferentes componentes en un sistema, las ventajas que ofrece este sistema son los siguientes:

- Generación de señales ultrasónicas.
- Manipulación de señales.
- Visualización de forma gráfica.
- Configuración según necesidades.
- Alimentación vía USB.
- Acoplamiento de palpadores.
- Captura de datos.



Figura 2.15. UTWin

3. Desarrollo

Las etapas que engloban el proyecto “Desarrollo de escáner industrial para inspección a tanques de almacenamiento” son 7, pero en este trabajo se hace énfasis a los primeros cinco puntos, los cuales se mencionan a continuación:

- Planeación
- Diseño conceptual
- Diseño a detalle
- Programación
- Cotización
- Compra y fabricación
- Ensamble y pruebas

3.1. Planeación

Este proyecto se planea en base a los requerimientos que se tienen en la actualidad, los cuales obligan al desarrollo de tecnologías para hacer de los ensayos no destructivos, inspecciones cada vez más sencillas, confiables y seguras, dentro de las características que lleva este proyecto se mencionan las siguientes:

Eficacia

Se conoce por eficacia la capacidad de lograr efectos que se desean, la eficacia del sistema que se pretende, es llegar lo más cercano que se pueda a la excelencia en las inspecciones realizadas, acarreando con esto, confiabilidad y respaldo ante las exigencias que se requieren hoy en día.

Confiabilidad

Un sistema con la suficiente exactitud en cada barrido que realiza, para lograr con ello inspecciones bien fundamentadas obteniendo interpretaciones exactas sobre la pieza a evaluar, logrando con ello que el funcionamiento de las piezas sea la adecuada dentro de los límites permitidos e incluso identificando previamente futuras fallas.

Seguridad

Es fundamental en la industria salvaguardar la integridad del personal que en ella labora, es por eso que este diseño permite un fácil acceso a las áreas que se encuentran dentro de la clasificación de "trabajos en altura", permitiendo a los inspectores permanecer de forma segura en las partes bajas. El sistema cuenta con un espacio para ser sujeto a una cuerda de vida, evitando que éste toque el suelo, dañándose o incluso provocando accidentes al caer sobre el personal, o llegando a causar daños a elementos cercanos, en el remoto caso de que no logre soportar su propio peso y el escáner caiga.

Rentabilidad

Al ser un proyecto con mira hacia su fabricación se toman en cuenta diversos aspectos, en primer lugar es un prototipo diseñado en gran parte con piezas comerciales, las cuales reducen en gran medida los costos, dado que son pocas piezas las que se mandan a maquinar.

Al ser automatizado, los resultados del escaneo son satisfactorios y de gran calidad, lo cual deriva en mayor confianza al evaluar la pieza a inspeccionar.

Innovación

En la industria siempre se buscan opciones para mejorar los trabajos a realizar, lo cual llega con la implementación de modernos sistemas cada vez más independientes, que realizan las actividades de forma más rápida y precisa. En este caso se busca implementar un sistema semi-independiente con el cual obtener resultados favorables.

Otro dato importante a resaltar es la colaboración de personal propio, fomentando e impulsando el desarrollo de proyectos internos.

3.2. Diseño conceptual

En esta parte del proyecto se intenta obtener una idea semejante a la que se busca llevar a cabo, en la figura 3.1 se plasma la primera imagen que se tiene en la mente de lo que es el proyecto, tanto los materiales, la forma, los componentes, es en esta etapa en la que se realizan los primeros bosquejos, tratando de plasmar la idea más clara de lo que el proyecto demandaba.

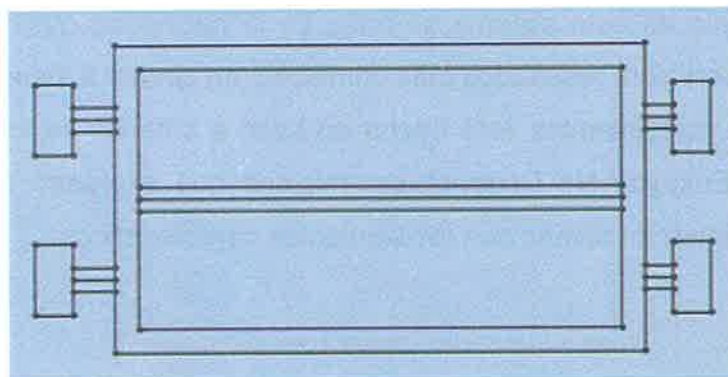


Figura 3.1. Primer diseño

La primera idea es muy pobre sobre los componentes, la imagen que se muestra en la figura 3.1 corresponde a una vista superior en la que se pueden reconocer elementos como, las llantas, el margen sobre el cual se realiza la inspección, y por último la barra que atraviesa el rectángulo es considerado como el actuador, o la pieza sobre la cual se desplaza el transductor.

El primer diseño está enfocado en materiales como perfiles prefabricados de aluminio, el cual le darían ligereza al diseño, llantas con pequeños pedazo de neodimio, los cuales quedan dentro de una estructura la cual le da la forma propia de llanta.

Al tener la idea de lo que se pretende realizar se buscan componentes con los cuales diseñar un mejor sistema, se opta por la búsqueda en empresas dedicadas a la automatización como son: FESTO y SMC, las cuales brindan orientación acerca de los componentes que pueden aportar para la fabricación del escáner, comparando los elementos que ofrece cada empresa, se decide comenzar a diseñar en base a las piezas que FESTO propone, ya que sus elementos encajan mejor en las necesidades que se tienen en mente, además de tener mayores elementos con los cuales contar en un futuro.

El requerimiento de este sistema se basa en la necesidad que se tiene de reducir tiempos de operación, resultados más confiables en cuanto a inspecciones se refiere, la idea de los componentes está hecha en base a criterios de los integrantes de la gerencia de Ensayos No Destructivos, mismos que expresan sus necesidades y deseos de obtener un diseño con las siguientes características.

- Un sistema lo más ligero posible.
- Estable al momento de realizar los barridos de inspección.
- Fácil de acoplar en la superficie.
- Fácil de usar

- Con un sistema de interpretación sencillo.
- Un espacio de barrido no menor a 50 cm.
- Capacidad de intercambio de transductores.
- Capacidad de manipulación a distancia.
- Acoplamiento de un solo motor como medio de tracción.
- Redituable.
- De fácil construcción.
- Amortización de inversión no mayor a 18 meses.
- Un sistema seguro.

Una de las aportaciones importantes en este diseño es, la generación de ideas propias, cubriendo con los requerimientos mencionados anteriormente, fomentando el desarrollo de una tecnología interna satisfactoria. Ayudando con ello a la innovación y al progreso.

Aunque al principio el diseño del escáner propuso un diseño difuso al igual que en la figura 3.2, el reto estaba planteado.



Figura 3.2. Diseño no definido

3.3. Diseño a detalle

En el diseño del prototipo se tomó en cuenta los productos comerciales, los cuales finalmente forman parte del prototipo, los elementos restantes son diseñados para su fabricación.

Los elementos que se muestran en las tablas 3.1 a la 3.4, son los elementos que se deben comprar para el ensamble de este diseño.

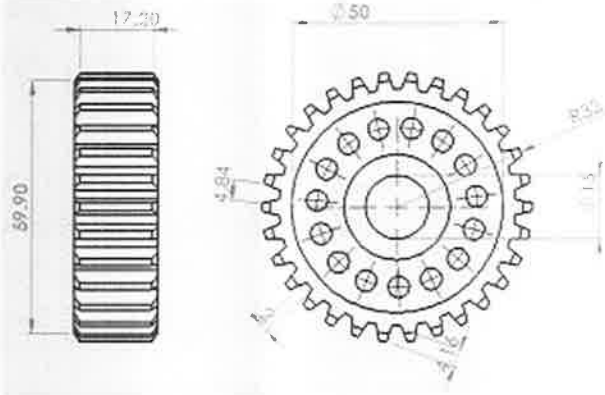
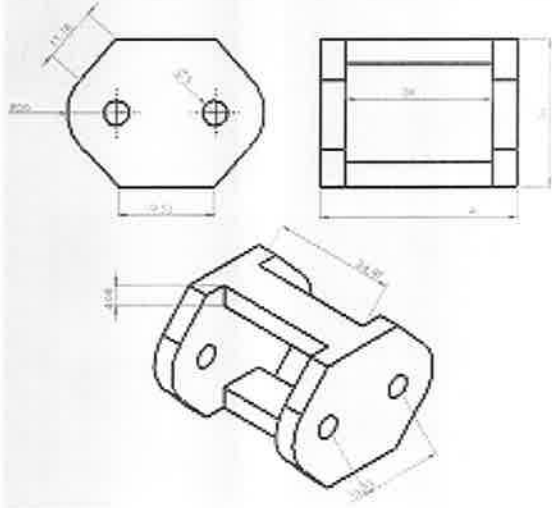
Elemento	Ilustración	Descripción
Corona		Transmite la fuerza al eje
Cubierta para cable pza. 1		Ayuda a mantener orden en el cableado

Tabla 3.1. Elementos comprados 1 de 4

Continuación de tabla 3.2. Elementos comprados 2 de 4

<p>Piñón</p>		<p>Transfiere fuerza del motor al eje</p>
<p>Rodamiento de rueda</p>		<p>Sirve como balero para el engrane de las ruedas</p>
<p>Tornillo</p>		<p>Una piezas del escáner</p>
<p>Tornillo</p>		<p>Una piezas del escáner</p>

Tabla 3.3. Elementos comprados 3 de 4

Continuación de tabla 3.3. Elementos comprados 3 de 4

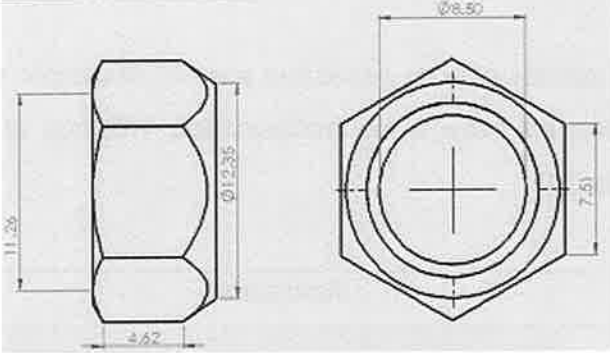
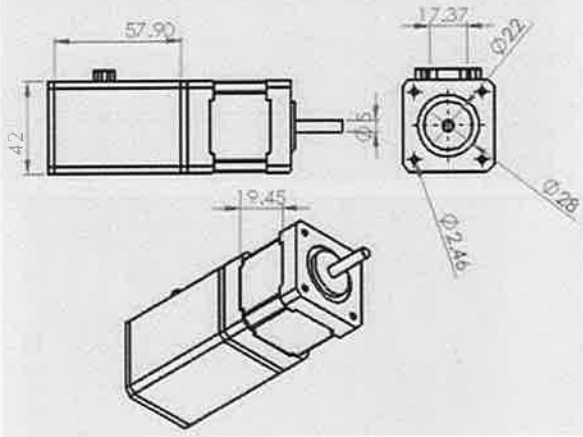
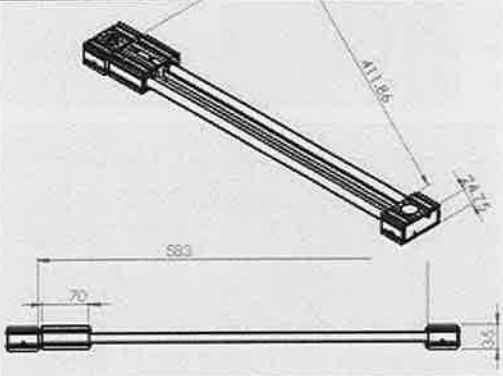
<p>Tuerca</p>		<p>Acopla un tornillo de forma fija</p>
<p>Servomotor</p>		<p>Mueve al actuador</p>
<p>Actuador Pieza que hace lineal</p>		<p>Pieza que hace el recorrido de izquierda a derecha.</p>

Tabla 3.4. Elementos comprados 4 de 4

Los elementos que tengan que comprarse con diferentes proveedores sirven de base para comenzar a diseñar el sistema, ya que son elementos existentes, y se conocen las dimensiones, peso y material exactos.

Los siguientes elementos que se necesitan para el desarrollo del escáner no existen, así, que se diseñan en base a las necesidades, mismos que se muestran en las tablas de la 3.5 a la 3.9.

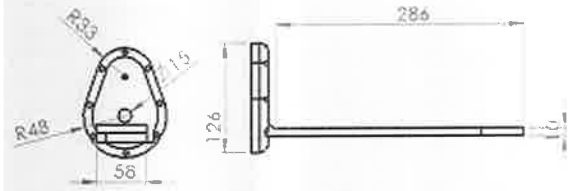
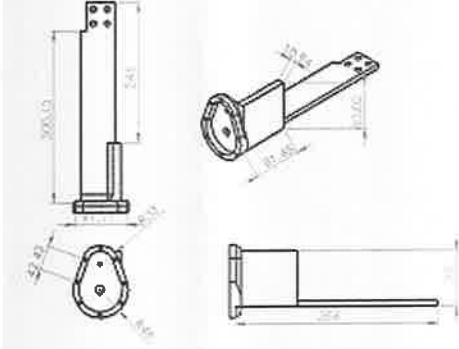
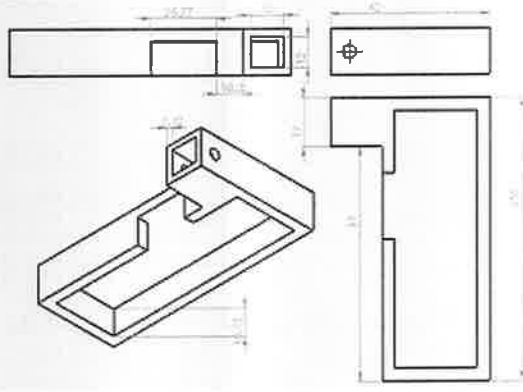
Elemento	Ilustración	Descripción
Parte de carcasa del motor		Protege al motor y engranes
Segunda parte de carcasa de motor		Protege al motor y sirve como base del mismo
Carcasa servomotor de transductor		Protege al servomotor del actuador

Tabla 3.5. Elementos diseñados 1 de 5

Continuación de tabla 3.5. Elementos diseñados 1 de 5

<p>Carcasa para ruedas</p>		<p>Cubre el juego de engranes de cada llanta</p>
<p>Cruceta</p>		<p>Facilita el movimiento del eje</p>
<p>Cubierta</p>		<p>Brinda protección y estética</p>
<p>Defensa</p>		<p>Brida protección a la parte frontal el equipo</p>

Tabla 3.6. Elementos diseñados 2 de 5

Continuación de tabla 3.6. Elementos diseñados 2 de 5

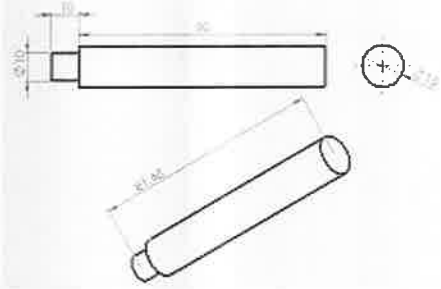
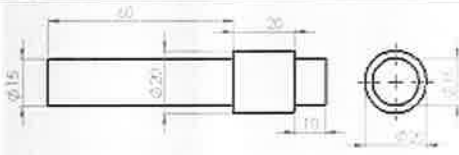
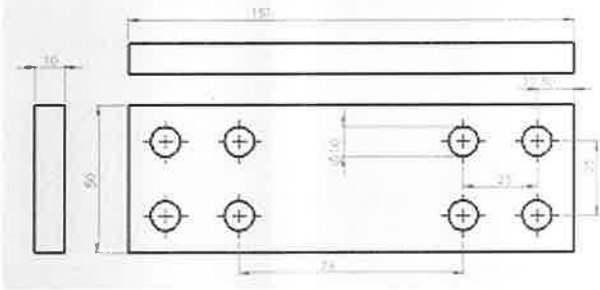
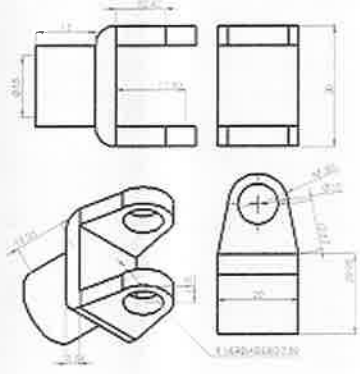
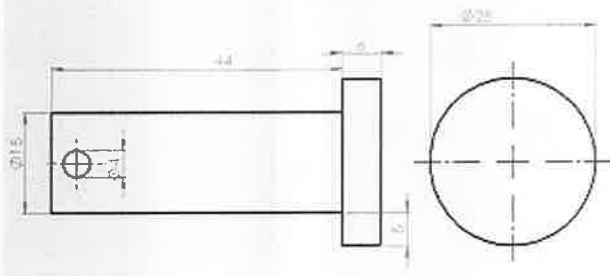
<p>Eje de transmisión</p>		<p>Sobre el, giran los engranes</p>
<p>Eje de engranes</p>		<p>Sobre el, giran las llantas</p>
<p>Estructura</p>		<p>Pieza que forma parte de la estructura</p>
<p>Junta universal</p>		<p>Ayuda a transmitir fuerza del motor a diferentes ángulos</p>
<p>Perno</p>		<p>Mantiene unidos a la carcasa de ruedas y la estructura</p>

Tabla 3.7. Elementos diseñados 3 de 5

La estructura consta de un ensamble de piezas, las cuales harán más fácil su fabricación, además de evitar cambiar piezas completas y grandes en caso de fallas o rupturas, dichas piezas se encuentran unidas por tornillos y tuercas.

La parte central de la estructura cuenta con un espacio en forma de caja, la cual contiene a los engranes que transmiten la fuerza del servomotor a un eje central, tal y como se puede observar en la figura 3.4, a un lado también se puede observar al servomotor que tiene por objetivo transmitir por medio de los engranes la fuerza necesaria para mover a todo el sistema.

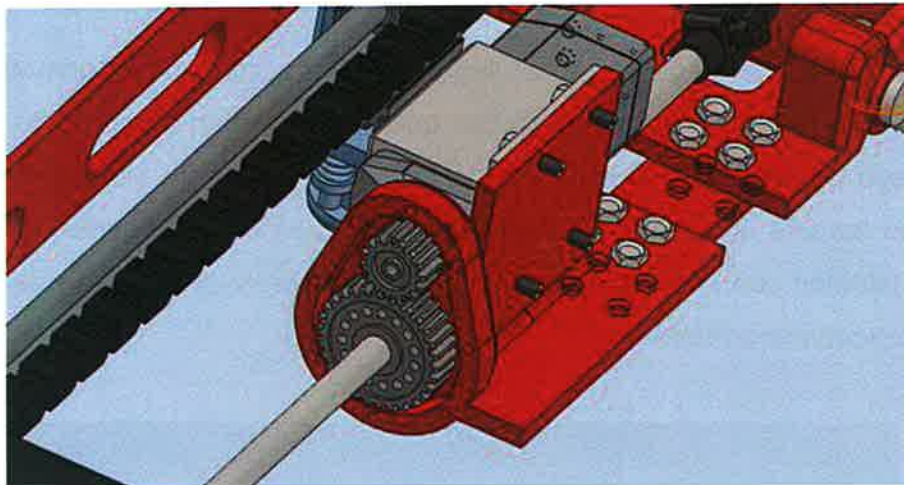


Figura 3.4. Sistema de transmisión

A su vez los engranes transmiten su fuerza a un eje acoplado a una junta universal, representado en la figura 3.5, el cual le brinda la capacidad de inclinarse un determinado número de grados sin perder fuerza y permitiendo que las llantas puedan doblarse acoplándose mejor a la superficie, logrando con ello, un mejor agarre y evitando que el escáner pierda fuerza en los imanes, ya que esto ocasionaría, una caída aparatosa del equipo ocasionando golpes que dañan la estructura, o incluso la ruptura de los elementos que lo componen.



Figura 3.5. Junta universal

La potencia que entrega el motor llega hasta otra zona de engranes, los cuales distribuyen esta fuerza a las dos llantas que corresponden a cada lado del escáner, este juego de engranes se encuentra ubicado dentro de un sistema de protección, como se aprecia en la figura 3.6, sirviendo también como soporte para las llantas, cuenta también con una manija la cual permite desprender el equipo de la placa a la que se encuentre adherida.

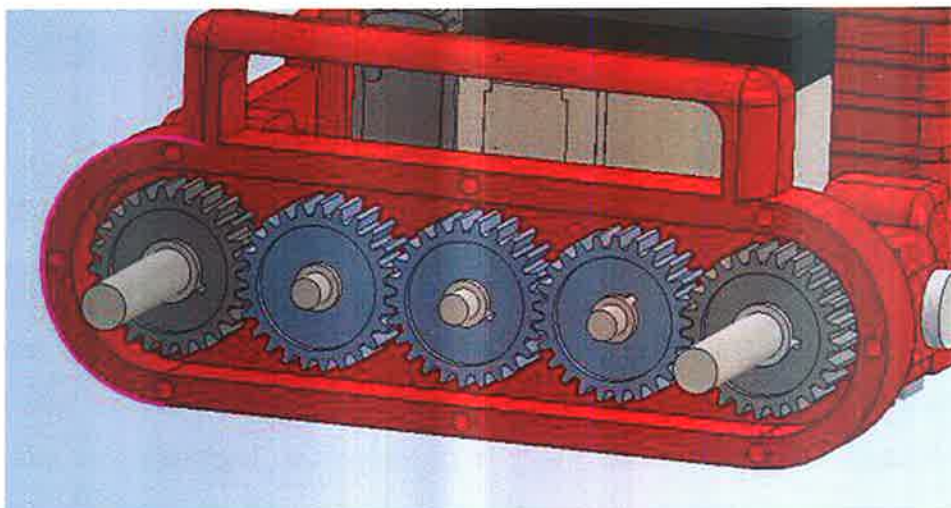


Figura 3.6. Juego de engranes

Un juego de 5 engranes con relación de uno a uno son los responsables de transmitir la potencia a cada una de las llantas, cada uno de ellos cuenta con un eje, acoplado a un balero, facilitando el movimiento.

En el caso de los engranes ubicados en cada extremo, cuenta con ejes más largos ya que sobre ellos descansan las ruedas magnéticas, cabe mencionar que este eje es de acero, al igual que los engranes y no de aluminio como el resto de los componentes, debido a que en ellos se emplea un esfuerzo mucho mayor, por ende al ser de un material mucho más resistente no corre el riesgo de romperse en comparación con alguna aleación de aluminio.

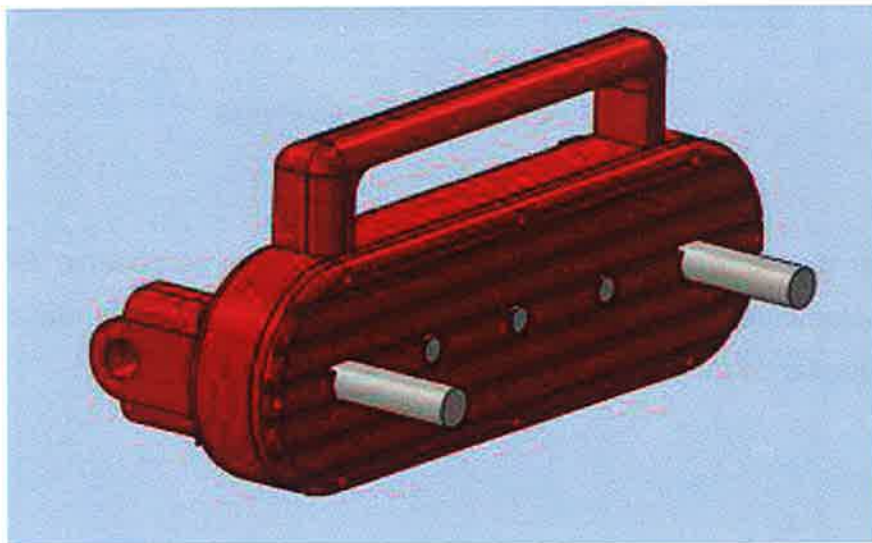


Figura 3.7. Tapa de engranes

Al colocar la tapa, se le proporciona una vista más agradable, evitando también la entrada al polvo o elementos que dañen el funcionamiento del mismo, también actúa como tope a fin de que los engranes no salgan y rompan la cadena de fuerza, solamente se dejan orificios para las salidas de los ejes, tal y como se observa en la figura 3.7.

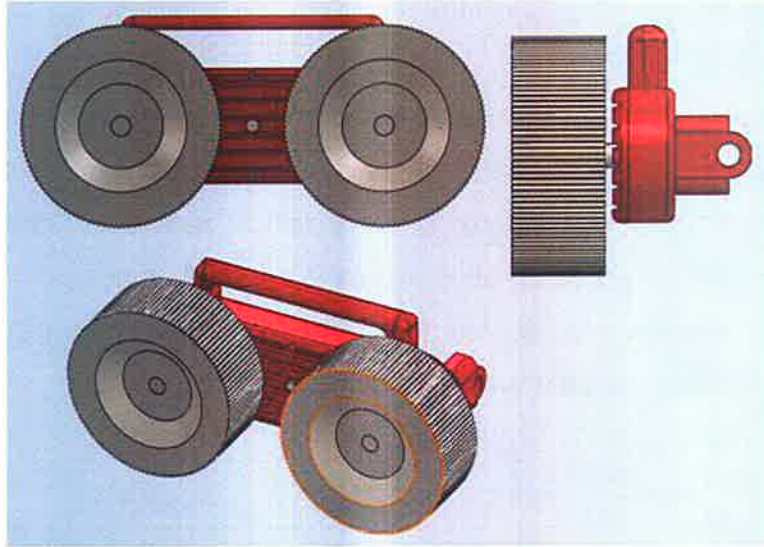


Figura 3.8. Llantas acopladas

Al acoplar las llantas sobre los ejes, queda tal y como se observa en la figura 3.8, esto es solamente en un extremo del escáner, en la otra mitad se realiza de la misma manera quedando tal y como se muestra en la figura 3.9.

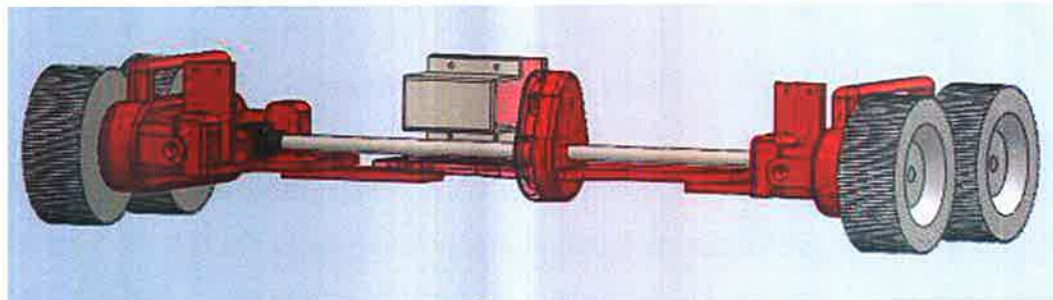


Figura 3.9. Ensamble

Al diseño de la figura 3.9, se le coloca un par de pernos, sobre los cuales tienen movilidad cada juego de engranes, a fin de doblarse al momento de ser requerido, en las imágenes 3.10 y 3.11 se muestran tanto el espacio que ocupan dichos pernos como la movilidad que le proporcionan.

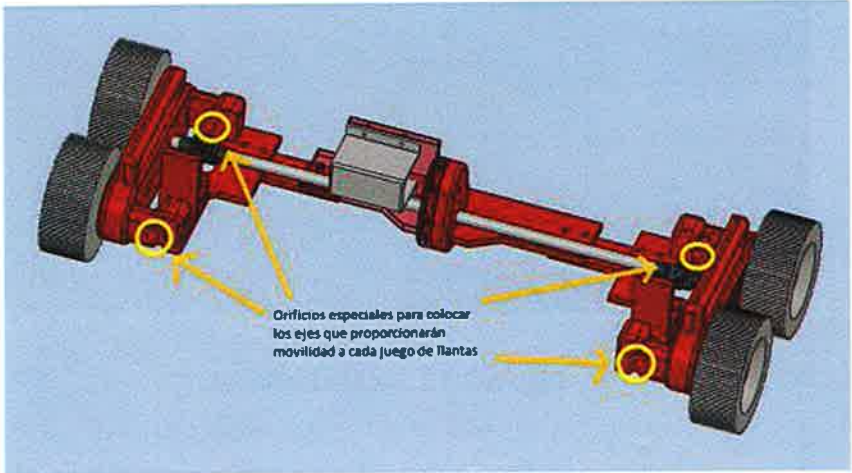


Figura 3.10. Orificios para pernos

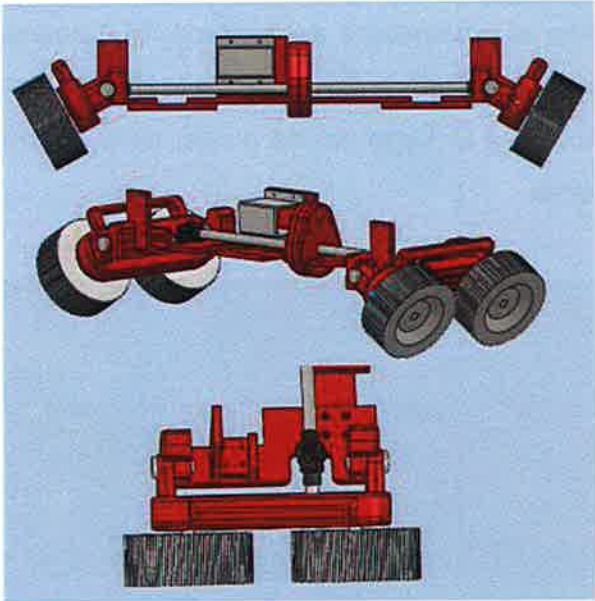


Figura 3.11. Movilidad

Una de las partes fundamentales que componen este diseño es el actuador lineal, pieza con la cual se logra la movilidad de izquierda a derecha simulando el barrido. Este actuador, es una pieza prefabricada y acoplada a este diseño.

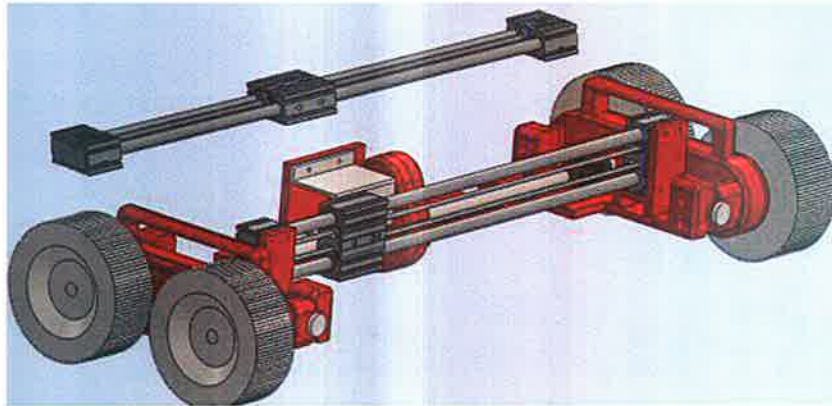


Figura 3.12. Actuador lineal

Como se observa en la figura 3.12, se muestra en primera instancia el actuador lineal de forma independiente, y en la figura 3.13 se puede apreciar el acoplamiento que se tiene con el diseño, la única diferencia es encontrarse en diferente posición, lo cual no afecta en absoluto el rendimiento del sistema. El mecanismo se mueve gracias a un servomotor, el cual le brinda la potencia suficiente para lograr las múltiples posiciones del actuador a lo largo de las guías, permitiendo controlar su velocidad, de forma rápida o lenta.

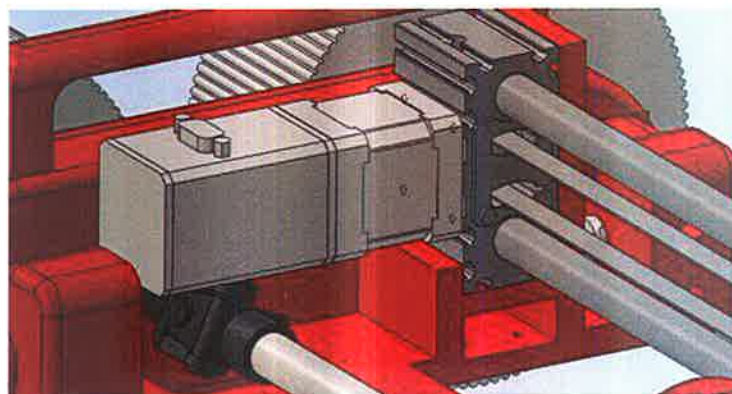


Figura 3.13. Servomotor del actuador

La parte móvil del actuador sirve como base para colocar el soporte del transductor, el cual es diseñado para ir fijado a esta pieza con tornillos a fin de remover de forma sencilla la pieza al momento de ser requerido. Enfocándonos un poco más a la parte del transductor, figura 3.14, en la que se aprecia de forma clara esta pieza, sus componentes y la forma de acoplarlo al actuador.

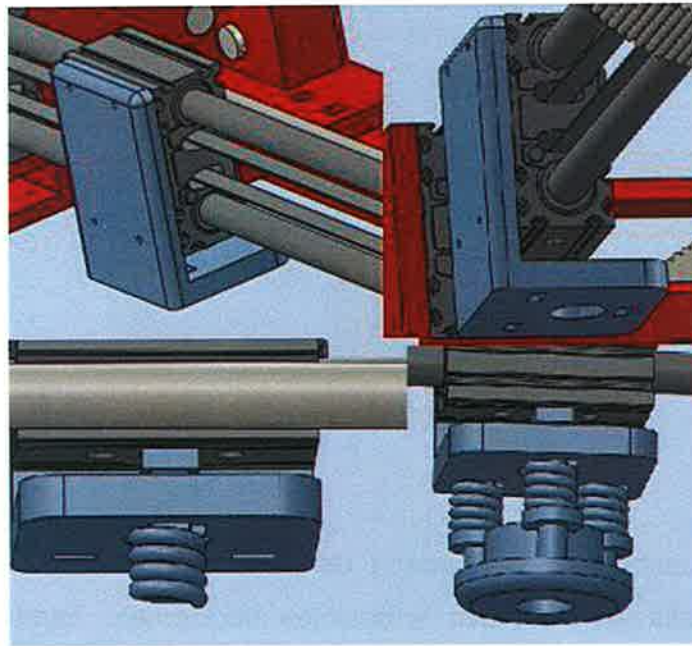


Figura 3.14. Soporte del transductor

El transductor se enrosca a la parte central, permitiendo que dicha base funcione como soporte y a su vez como protección ya que cubre completamente al transductor. A un costado del transductor también se acopla una pequeña manguera la cual ayudara a mantener un flujo constante de agua, utilizado como acoplante entre el transductor y la superficie de la pieza a analizar.

Tal y como se observa en la figura 3.15 se ha colocado como parte del diseño una estructura, que ayuda a resguardar las piezas internas del polvo, residuos o incluso de golpes, pieza en la que también se ha gravado el nombre de CIDESI, como referente a la empresa que respalda dicho proyecto.

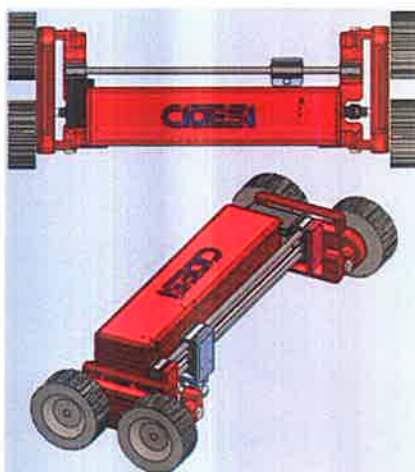


Figura 3.15. Carcasa superior

Este diseño cuenta con una cadena de plástico que acopla a todos los cables evitando con ello un desorden y posibles accidentes. También cuenta con un conector general de todos los cables que le llegan al escaner, englobando conexiones de fuerza, control y abastecimiento de agua, ambos son mostrados en la figura 3.16.



Figura 3.16. Cadena y conector

Por último se añade una barra la cual funge como defensa, figura 3.17, al igual que en los automóviles esta defensa absorbe los golpes que se llegue a presentar, reduciendo daños provocados por caídas, esta defensa cuenta con espacios huecos para colocar en ellos una cuerda de vida, disminuyendo con ella aún más los daños por caídas y golpes.



Figura 3.17. Defensa

Quedando como diseño final las imágenes mostradas en la figura 3.18.

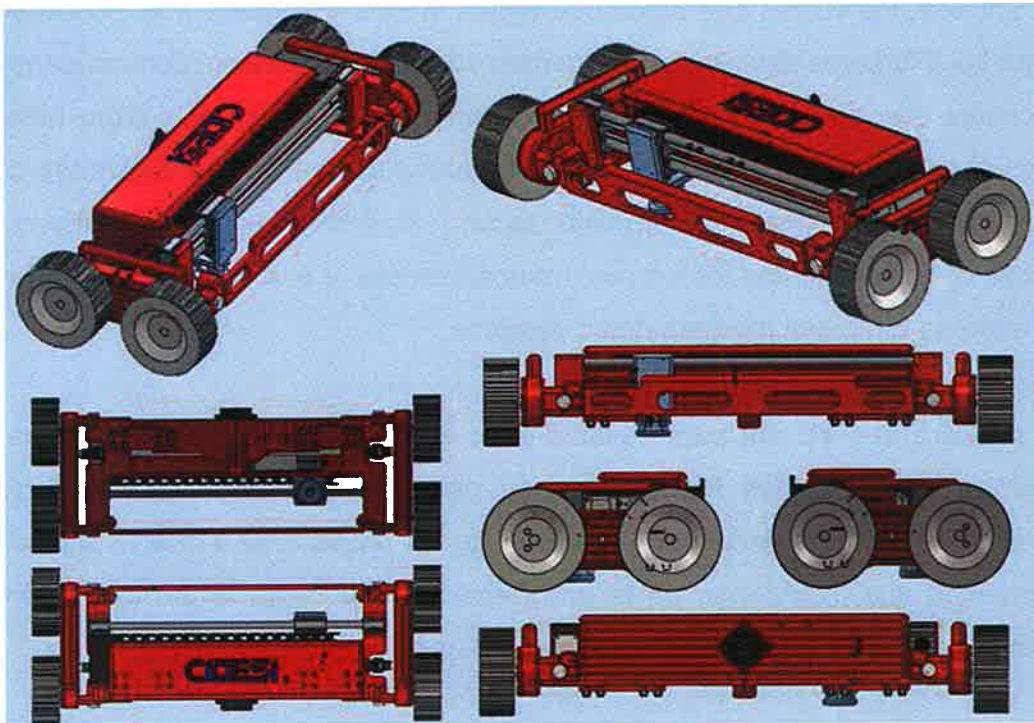


Figura 3.18. Diseño final

3.4. Programación

La programación que se ha desarrollado para este proyecto se enfoca tanto en la manipulación del controlador lógico como en la parte de interpretación de datos obtenidos por parte del transductor.

3.4.1. Programación en controlador lógico programable (PLC)

En esta parte de la programación, es fundamental la organización, ya que es el modo de “controlar” cada parte del proceso. Básicamente se programa el cerebro del escáner, si bien no es el que desarrolla cada parte del escáner, si es el responsable de decidir en qué momento dejar actuar o no a los componentes que lo constituyen, considérese a esta parte como al director de una orquesta.

Imaginando que en este modo de programación se toman en cuenta los elementos de entrada, los cuales son datos que llegan al PLC y en base a estos datos el PLC toma las diferentes decisiones (elementos de salida) que se encuentran dentro de las opciones que se le programan, si se compara al PLC con el cuerpo humano, es considerado como el cerebro y a los elementos de entrada considerados como los sentidos, es decir vista, olfato, gusto, tacto, y audición, por último los elementos de salida se comparan con los brazos, manos, piernas, y voz, es decir todo aquello que se expresa tanto con movimientos o palabras.

El software que se usa para llevar a cabo esta programación es CoDeSys el cual engloba diferentes tipos de programación, para fines de este proyecto, solo se usa el denominado “programación en escalera”. En las tablas 3.10 a la 3.13 se enlistan los elementos que intervienen en la programación, así como la forma de nombrarlos para su fácil reconocimiento en el programa.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Entrada	ON	Botón de encendido
Entrada	OFF	Botón para apagar la etapa de control
Entrada	PE	Paro de emergencia
Entrada	S1	Sensor detector de presencia del lado izquierdo
Entrada	S2	Sensor detector de presencia del lado derecho
Entrada	CAN	Botón para cancelar el escaneo
Entrada	UP	Botón para mover el escáner hacia arriba
Entrada	DOWN	Botón para mover el escáner hacia abajo
Entrada	A	Botón con el que se inicia la opción de barrido 1
Entrada	B	Botón con el que se inicia la opción de barrido 2
Salida	BOMBA	Enciende la bomba
Salida	DAQ	Activa la DAQ para tomar datos
Salida	MGUI	Mueve el motor grande hacia adelante de forma lenta

Tabla 3.10. Variables del PLC 1 de 4

Continuación de tabla 3.10. Variables del PLC 1 de 4

Salida	MAD	Mueve el actuador a la derecha
Salida	M0	Indica que el sistema esta energizado
Salida	CF	Enciende circuito de fuerza
Salida	CC	Enciende circuito de control
Salida	MGUN	Mueve motor grande hacia adelante rápido
Salida	MGDN	Mueve el motor grande hacia atrás rápido
Salida	MAI	Mueve el actuador a la izquierda
Salida	MODO1	Inicia la inspección 1
Salida	MODO2	Inicia la inspección 2
Salida	LPFR2	Barrido 2 terminado
Salida	MGDI	Mueve el motor grande hacia atrás de forma lenta
Salida	LFP1	Barrido 1 terminado
Bandera	B0	Enciende circuito de control
Bandera	B1	Enciende el circuito de fuerza
Bandera	B2	Impide que se mueva el actuador a la izquierda

Tabla 3.11. Variables del PLC 2 de 4

Continuación de tabla 3.12. Variables del PLC 2 de 4

Bandera	B3	Controla el tiempo para avanzar adelante
Bandera	B4	Acciona el contador 1
Bandera	B5	Detiene MGUI
Bandera	B6	Detiene la inspección del modo1
Bandera	B7	Indica que el actuador está del lado izquierdo
Bandera	B8	Manda tiempo 2 a T2
Bandera	B9	Activa el T3
Bandera	B10	Manda a prender el Contador 2
Bandera	B11	Mueve el actuador a la derecha
Bandera	B12	Fin de movimiento a la derecha
Bandera	B13	Indica que el escáner ha bajado
Bandera	B14	Manda un segundo pulso al contador 2
Bandera	B15	Indica que el barrido 2 termino
Bandera	B16	Mover otra vez el actuador a la derecha
Bandera	B17	Mandar otro pulso al contador
Bandera	B18	Resetea al contador

Tabla 3.12. Variables del PLC 3 de 4

Continuación de la tabla 3.12. Variables del PLC 3 de 4

Temporizador	T1	Enciende el sistema de control
Temporizador	T2	Tiempo para subir el carro
Temporizador	T3	Tiempo para avanzar adelante
Temporizador	T4	Resetear MGUI y activa MAD
Temporizador	T5	Resetea MAD
Temporizador	T6	Desactiva BOMBA, DAQ
Temporizador	T7	Resetea pulso de contador
Contador	C1	Lleva el conteo de los ciclos del MODO1
Contador	C2	Lleva el conteo de los ciclos del MODO2

Tabla 3.13. Variables del PLC 4 de 4

La figura 3.19, muestra los programas que se emplean dentro de CoDeSys para la correcta ejecución del escaneo.

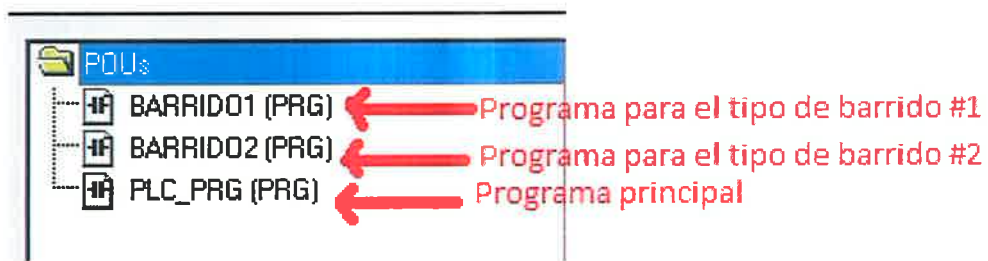


Figura 3.19. Programas realizados

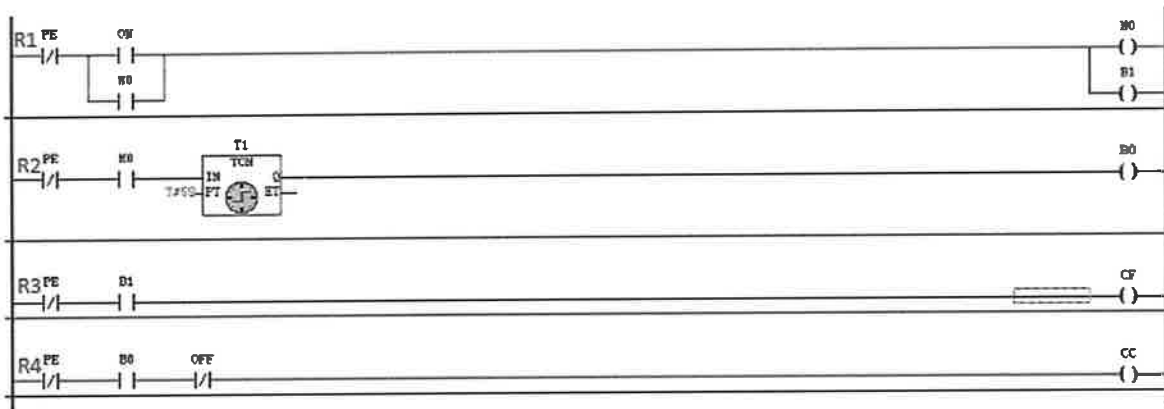


Figura 3.20. Programa principal 1 de 3

R1: Siguiendo la figura 3.20, se aprecia en primer plano el botón de paro de emergencia, seguido del botón ON, el cual energiza a M0, que indica que se ha prendido el sistema y a éste su vez activa la bandera B1.

El contacto de M0 debajo de ON ayuda a mantener energizado el circuito ya que el botón ON solo es pulsador y no mantiene contacto permanente, comúnmente se le conoce a esta acción como enclavamiento.

R2: En cuanto se activa M0, éste activa al temporizador T1 y al terminar el tiempo establecido por T1 se activa B0

R3: Al activarse B1 éste inmediatamente enciende el circuito de Fuerza

R4: Una vez activa la bandera B0, ésta manda energizar el circuito de control

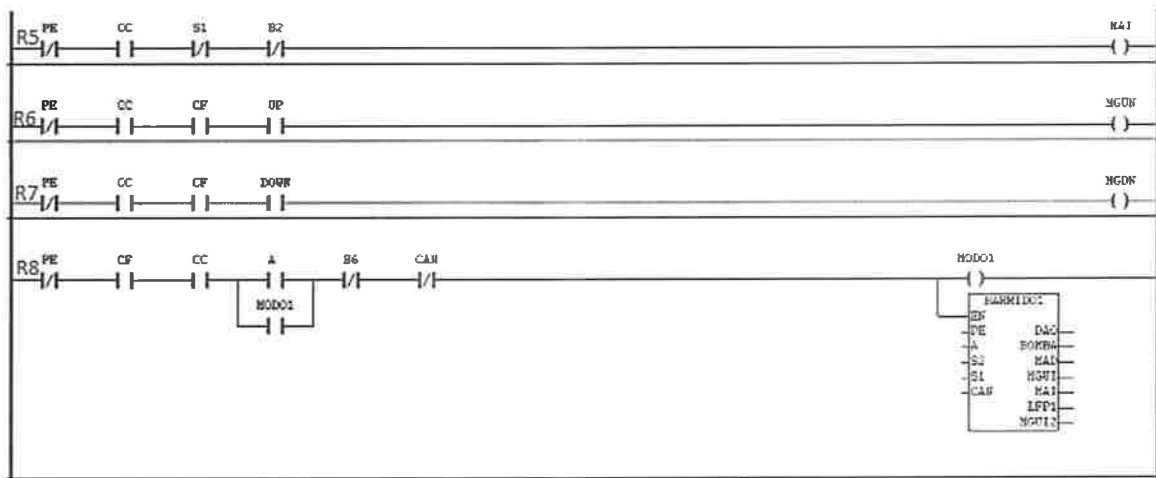


Figura 3.21. Programa principal 2 de 3

R5: Al accionarse el circuito de control, y el sistema no detecta el sensor 1, se mueve automáticamente a una posición inicial que es con el actuador del lado izquierdo, es decir acciona MAI. Pero si éste ya se encuentra en posición inicial, el circuito se abre en la parte de S1 ya que el sensor detecta al actuador y evita movimiento alguno.

R6: Al activar los circuitos de fuerza y control, se puede presionar UP para accionar MGUN y hacer que avance el carro a fin de colocarlo en la zona a inspeccionar, como se muestra en la figura 3.21.

R7: Del mismo modo que opera R6 es posible presionar Down accionando a MGDN con el que se mueve en reversa el carro, a fin de colocarlo en la zona de inspección.

R8: Una vez que se ha colocado el carro en la zona a inspeccionar, es posible pulsar el botón A, activando así el MODO1 de inspección mandando llamar al programa BARRIDO1, con el cual se realiza una de las dos opciones de barrido, también existe en esta rama un contactor de la opción CAN, el cual al ser activado abre el circuito cancelando así el barrido y mandando a posición inicial el actuador. El contacto de MODO1 debajo de A ayuda a mantener energizado el circuito, ya que el botón A solo es pulsador y no mantiene contacto permanente, comúnmente se le conoce a esta acción como enclavamiento.

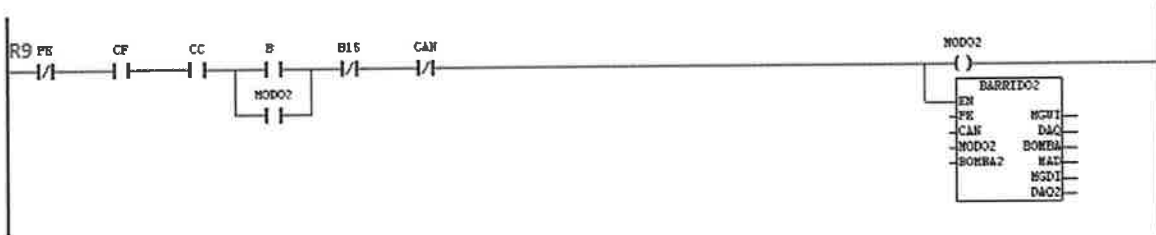


Figura 3.22. Programa principal 3 de 3

R9: Una vez que se ha colocado el escáner en la zona a inspeccionar, es posible pulsar el botón B, activando el MODO2 de inspección mandando llamar al programa BARRIDO2 con el cual se activa la segunda opción de escaneo, también existe en esta rama un contactor de la opción CAN, el cual al ser activado abre el circuito cancelando así el barrido y mandando a posición inicial el actuador. El contacto de MODO2 debajo de B ayuda a mantener energizado el circuito, ya que el botón B solo es pulsador y no mantiene contacto permanente, comúnmente se le conoce a esta acción como enclavamiento, representado en la imagen 3.22.

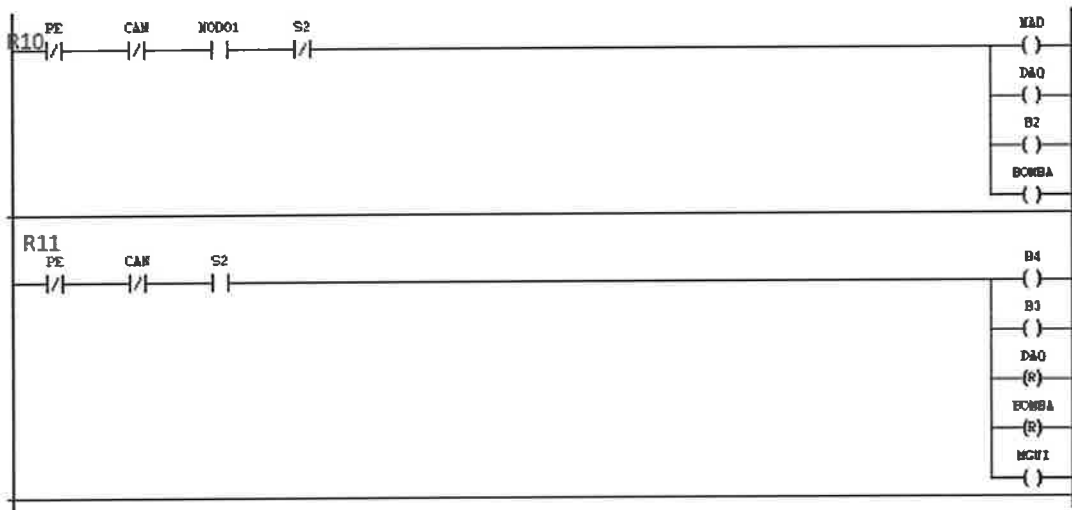


Figura 3.23. Primer barrido 1 de 3

R10: En la figura 3.23, existe al inicio de la rama el paro de emergencia PE, seguido por el contacto de cancelar CAN, al activarse el MODO1 este activa MAD, DAQ, B2 y

BOMBA, obviamente cuando el sensor S2 detecta que el actuador ha llegado al extremo derecho de la carrera, éste abre el circuito impidiendo que los elementos de salida continúen activos.

R11: En esta rama se encuentra en condición opuesta a la rama 10, la acción del contacto S2, ya que al cerrarse éste acciona B4, B3, MGUI y resetea DAQ y BOMBA.

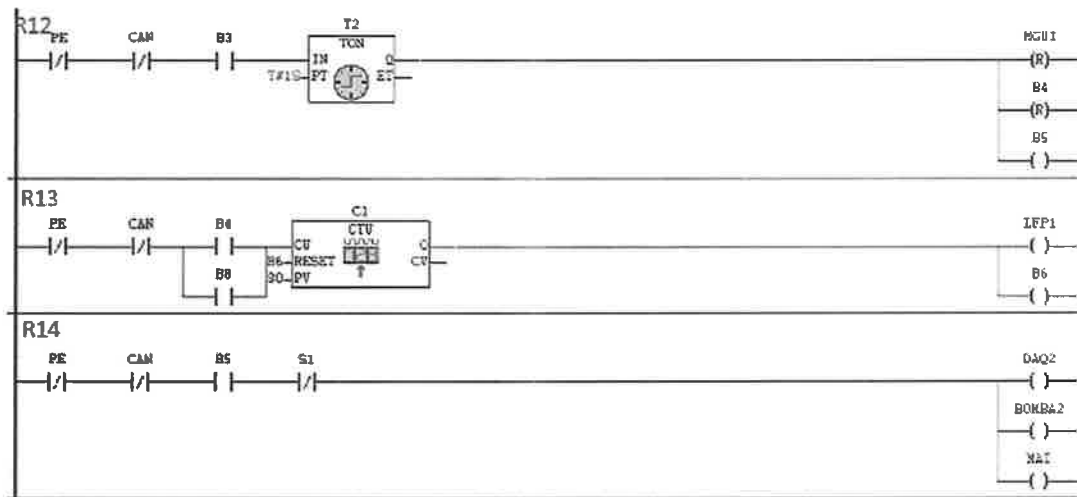


Figura 3.24. Primer barrido 2 de 3

R12: Al accionarse el contacto de B3 este activa el conteo de T2 el cual resetea a MGUI, B4 y manda activar a B5, paso representado en la figura 3.24

R13: A la par de la rama R12 se activa B4 en esta rama se aumenta en uno al contador C1, el cual al llegar a la cantidad preestablecida manda activar a LFP1 (salida con la cual se da por concluido el ciclo) y activa también a B6.

R14: Al activarse B5 este manda a prender DAQ2, BOMBA2 y MAI.

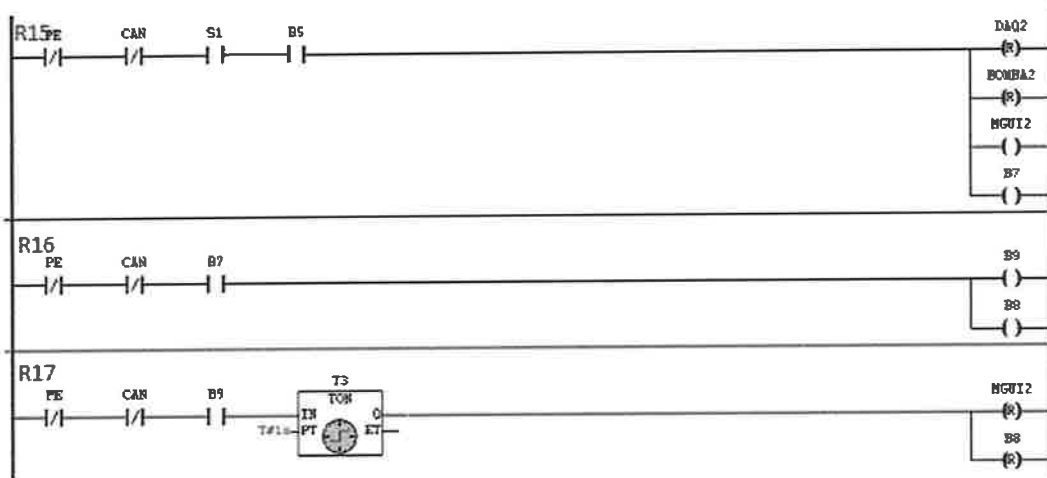


Figura 3.25. Primer barrido 3 de 3

R15: Esta rama solo espera a que se active el contacto B5 y que el sensor S1 también detecte presencia, esto ocasiona que DAQ2 y BOMBA2 se desactiven, activando a su vez a MGUI2 y a B7.

R16: Al activarse B7, se activan 2 banderas, B8 que es el encargado de mandar un segundo pulso al contador y B9, datos apreciables en la figura 3.25.

R17: B9 activa T3 el cual resetea a MGUI2 y a B8.

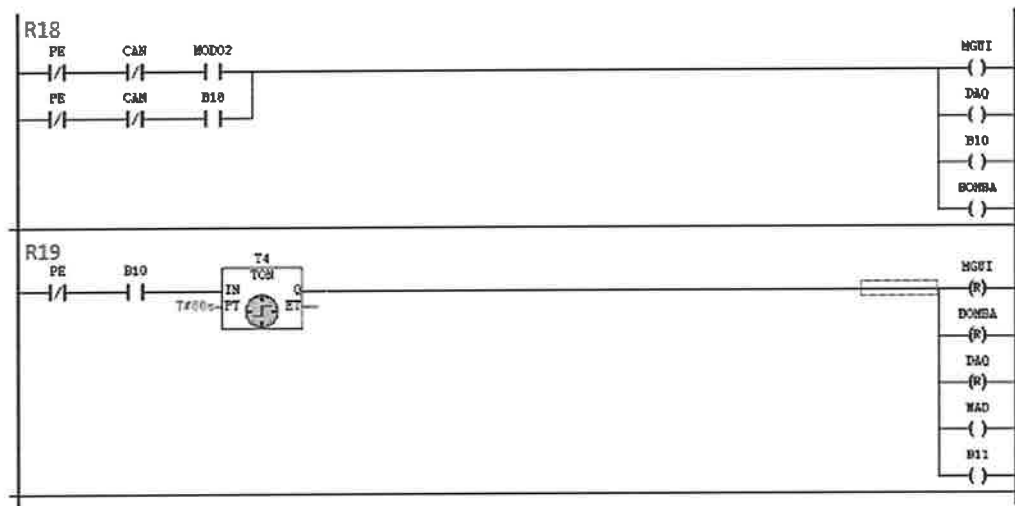


Figura 3.26. Segundo barrido 1 de 3

La figura 3.26 ilustra las descripciones que se describen en las ramas R18 y R19.

R18: Al elegir el barrido modo 2, este acciona a MGUI, DAQ, B10 y BOMBA.

R19: B10 es un contactor que se activa en la rama anterior, y su función es activar a T4, al paso del tiempo establecido previamente para T4 este desactiva a MGUI, BOMBA, DAQ y activa a MAD y B11.

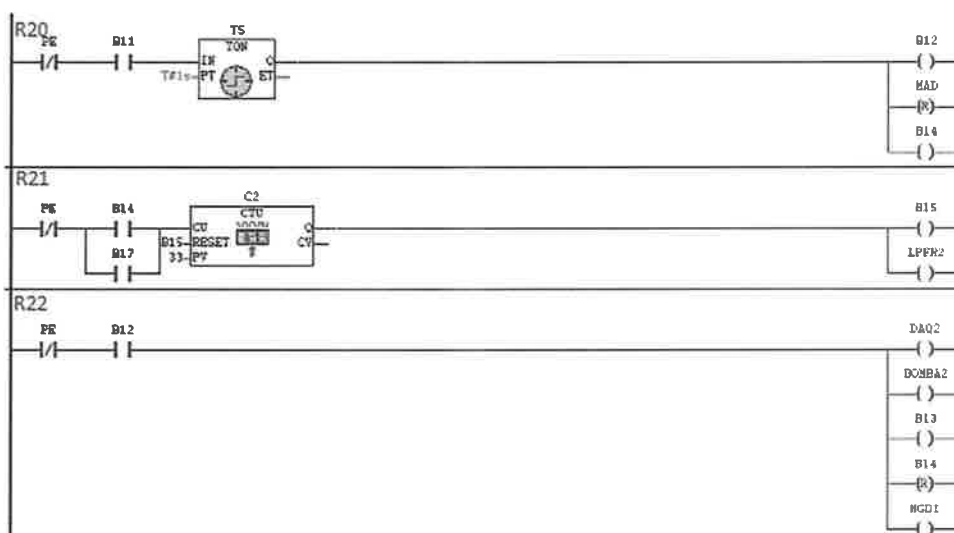


Figura 3.27. Programa para el segundo barrido 2/3

La descripción de las ramas R20 a la R22 se ilustran en la figura 3.27.

R20: Al cerrarse el contacto B11, este acciona a T5 con el que se habilita B12, B14 y resetea a MAD,

R21: Con el contacto B14 cerrado, se manda un pulso al contador C2, que activa a LPFR2 con el cual se da fin al barrido del MODO2.

R22: Al cerrarse el contacto de B12 este acciona a DAQ2, BOMBA2, B13, MGD1 y resetea a B14.

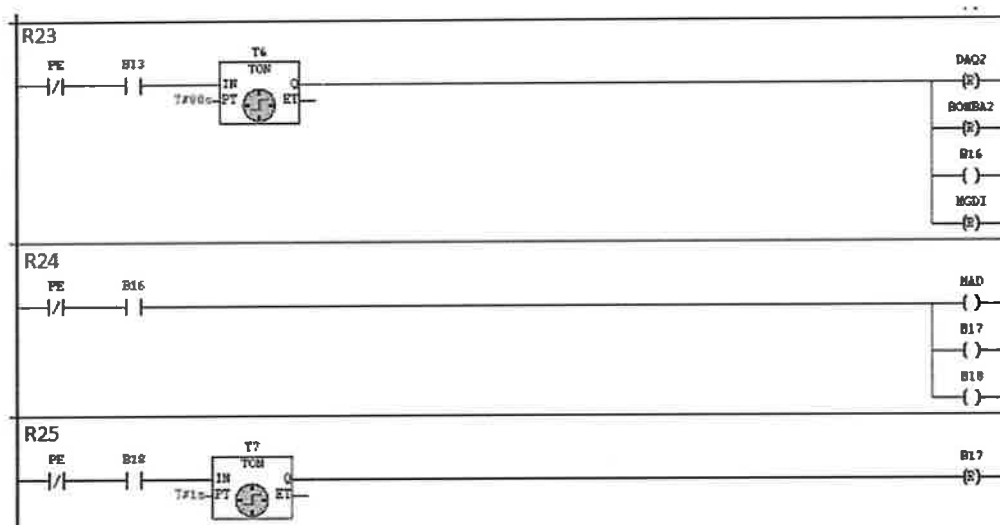


Figura 3.28. Segundo barrido 3 de 3

R23: Al activarse B13, permite que se active T6, el cual al terminar el tiempo preestablecido previamente, resetea a DAQ2, BOMBA2, MGD1 y activa a B16.

R25 Al cerrarse el contacto de B16 se activan MAD, B18 y B17 con el cual se le manda un segundo pulso al contador C2.

R25: Al cerrarse el contacto de B18, este activa T7 mandando a resetear B17, tal y como se observa en la figura 3.28.

3.4.2. Programación de procesamiento de datos obtenidos por el haz de ultrasonido

La generación del haz ultrasónico, y el procesamiento de esos datos que arroja al momento de estar haciendo la inspección son los temas que a continuación se harán

mención. La generación del haz es por medio de un sistema ya preestablecido llamado UTWin, el cual tiene un panel como el que se muestra en la figura 3.29.

Este dispositivo es conectado a una computadora para su alimentación y comunicación, la programación se llevara a cabo en el software Labview, con el cual se crean los paneles de control virtuales para su correcta manipulación en los cuales se muestra gráficamente los resultados a modo de interpretarlos de manera sencilla.

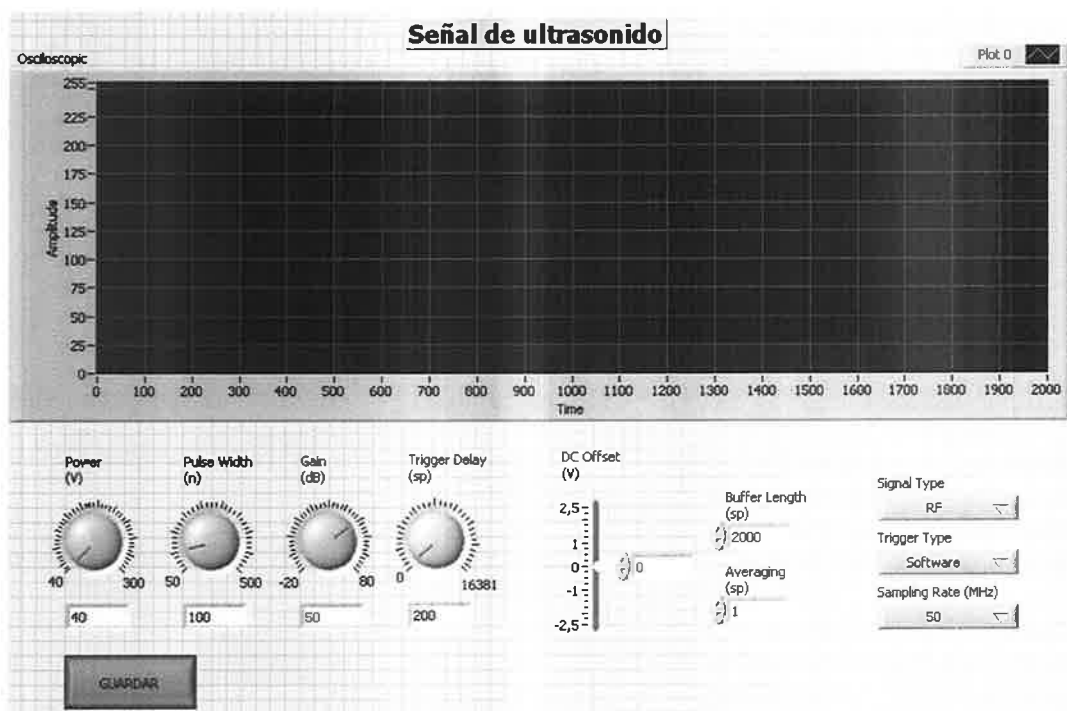


Figura 3.29. Interfaz Labview

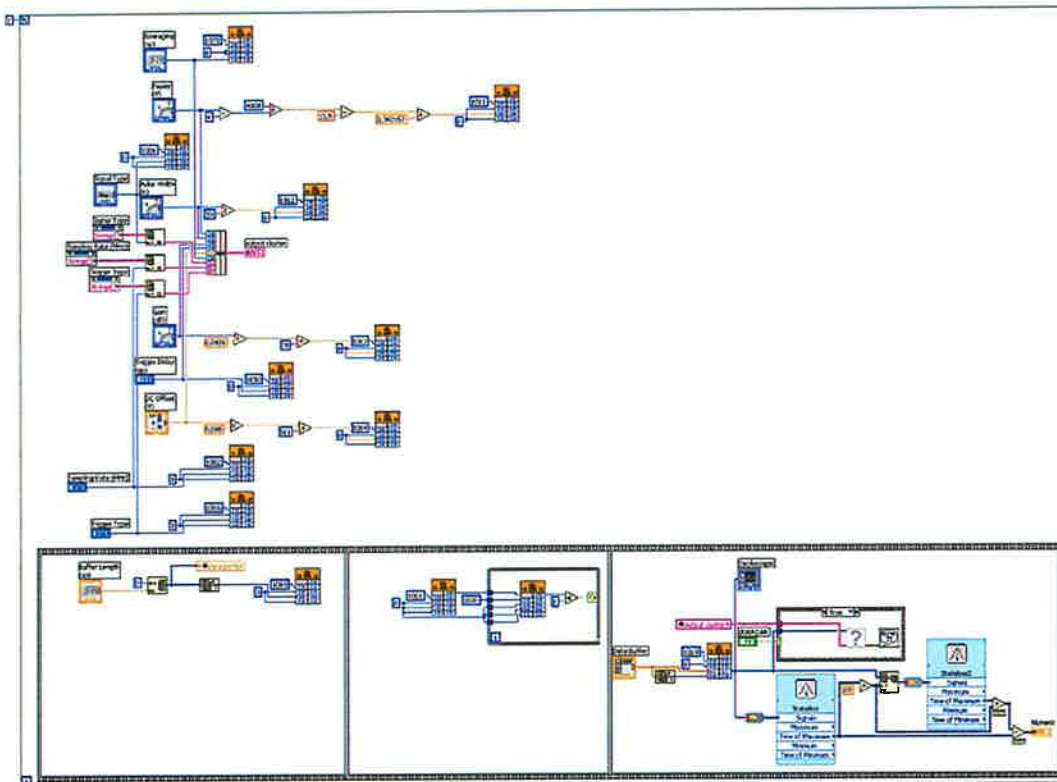


Figura 3.30. Interfaz (diagrama de bloques)

La figura 3.29 y 3.30 son básicamente el mismo programa, la figura 3.29, es la parte del panel frontal (panel de control) desde el cual se puede manipular la señal de ultrasonido que regresa al equipo, es decir en este panel se puede aumentar o disminuir la ganancia, rango de la frecuencia, etc. Por su parte el diagrama de bloques es la parte en la que se crea la propia aplicación, donde se edita y alambra.

La configuración del programa mostrado en las figuras 3.29 y 3.30 muestran el proceso con el cual se capta la señal de ultrasonido y se procesa a modo de que se logre interpretar dichas señales con la ayuda de gráficas e indicadores numéricos. Dicho programa es proporcionado en parte por el proveedor de US ULTRATEK, la otra parte de este programa es directamente diseñado por el que escribe el presente reporte.

Este código es nulamente explicado debido a la confidencialidad que el proveedor ha pedido para el uso que se le otorga a su programa, por lo que simplemente se explica que está en función de librerías preestablecidas a fin de hacer las conversiones necesarias para la lectura e interpretación de los datos obtenidos. Se anexa datos técnicos del programa anterior en las tablas 3.14 y 3.15.

PARÁMETRO	RANGO	VALOR PREDETERMINADO
Potencia	40V - 300V	300V
	<p>Rangos de potencia de pulsos de-40V a 300V en 256 pasos.</p> <p>Los ecos de respuesta son más fuertes cuando se utiliza un voltaje más alto, sin embargo, algunos transductores se saturan y requieren ajustes más bajos de tensión.</p>	
Ancho de Pulso	50ns – 500ns	110ns
	<p>El ancho de pulso se puede ajustar a cualquier valor entre 50 ns y 500 ns en incrementos de 20 ns. El ancho de pulso tiene una estrecha relación con la frecuencia del transductor que está representado en la siguiente fórmula: $W = \frac{500}{ft}$</p> <p>Donde W es el ancho de pulso en ns y ft es la frecuencia en MHz transductor. Por ejemplo, si usted tiene un transductor de 5 MHz, e l ancho de pulso apropiada se calcula de la siguiente manera:</p> <p>$W = \frac{500}{ft} = \frac{500}{5} = 100 \text{ ns}$</p>	

Tabla 3.14. Datos técnicos 1 de 2

Continuación de tabla 3.14. Datos técnicos 1 de 2

Ganancia	-20dB – 80dB	30dB
	<p>La ganancia se utiliza para controlar la amplitud de la señal.</p> <p>Va desde -20 DB a 80 dB en incrementos de 0,01 dB.</p> <p>Ajuste la ganancia hasta que la señal se ajusta en la pantalla sin ningún tipo de saturación.</p>	
DC compensación	-2.5V – 2.5V	0V
	Establece la compensación de la señal DC.	
Regulador de longitud	Up to – 7.73m (round trip, in steel)	200mm
	<p>La longitud del búfer específica el número de muestras de la USB-UT350 analizará durante la adquisición de datos. El rango de longitud de búfer varía en base a la tasa de muestreo y la velocidad del material.</p> <p>Este valor puede ser entre 2 y 8.191 muestras.</p>	
Disparador de retardo	0 micro - 200ms	0.8 micro segundos
	<p>El retardo de disparo especifica cuántas muestras del convertidor A / D debe saltar antes de procesar la señal de respuesta. El rango de retardo de disparo varía en función de la frecuencia de muestreo.</p> <p>Este valor puede estar entre 0 y 65530 muestras.</p>	
Tipo de señal	3.125 MHz – 50 MHz	25 MHz
	La tasa de muestreo debe ser de 5 a 8 veces mayor que la frecuencia del transductor.	
PRF	0Hz – 1000Hz	250Hz
	<p>Establece la frecuencia de repetición de impulsos.</p> <p>Ajusta la frecuencia del disparo interno / software</p>	

Tabla 3.15. Datos técnicos 2 de 2

La aportación que se implemento a este programa se explica a continuación, con ayuda de la figura 3.31.

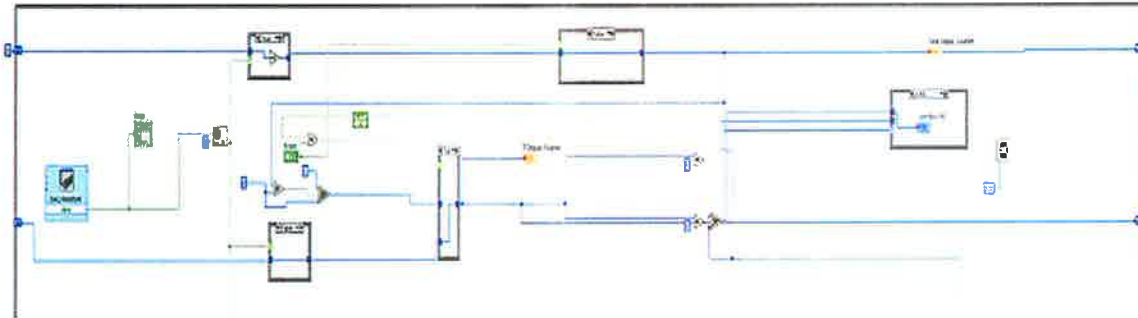


Figura 3.31. Obtención de datos

Esta parte del programa lo que realiza es la captura de pulsos, con los cuales se activa o desactiva todo el programa restante, en esta parte se hace uso de la DAQ, con la cual se capturan pulsos mandados por el PLC, los cuales le ordenan pausar o reanudar las operaciones que le suceden al programa que vienen siendo, las comparaciones para definir la sanidad del material a inspeccionar

También se mantiene un contador activo, el cual al llegar a su límite que es de 5 pulsos, guarda una muestra y define el estado de la pieza que se está inspeccionando por medio de colores, al comparar con un patrón preestablecido previamente, al mismo tiempo el contador se auto resetea.

Cada vez que este contador se resetea se aumenta en uno a otro contador, el cual lleva el conteo de los momentos en los cuales se hace la comparación de la pieza con el patrón predefinido, a continuación se hace mención de la forma en la que se configura la tarjeta DAQ para la adquisición de los pulsos mandados por el PLC.



Figura 3.32. Configuración de la DAQ 1 de 5

Para poder utilizar la tarjeta DAQ, existen varias opciones, de las cuales se ocupa una muy sencilla, que es basado en el asistente de configuración propia que trae dentro de las librerías del programa Labview.

Primero que nada, es necesario posicionarse en el diagrama de bloques y dando clic izquierdo sobre una parte en blanco, aparece un menú desplegable en el cual se busca el icono que se aprecia en la figura 3.32, después de seleccionarlo es necesario esperar a que aparezca una ventana en donde configurar los parámetros necesarios, como se muestra en la figura 3.33.

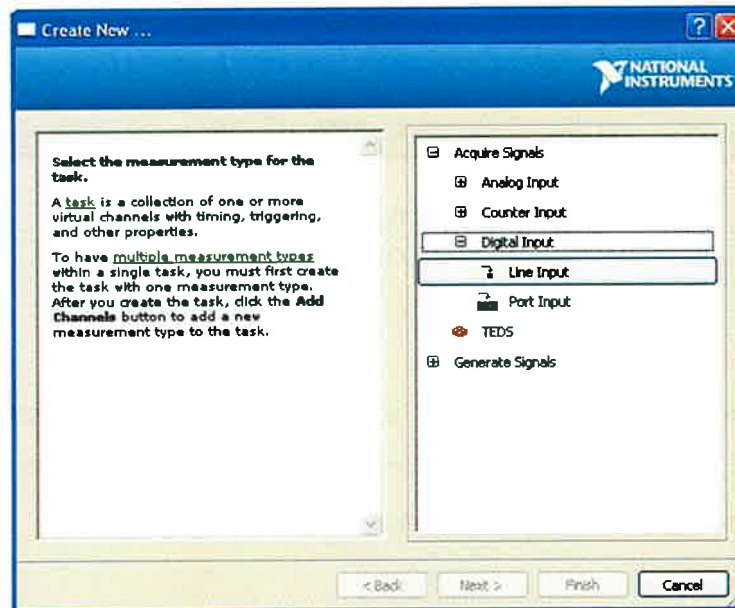


Figura 3.33. Configuración de la DAQ 2 de 5

Como es bien sabido las señales que manda el PLC pueden ser de dos tipos: Analógicas o Digitales, en este caso se ocupan las señales digitales, es por eso que se busca la opción de “line input” dentro de las opciones de entrada digital.

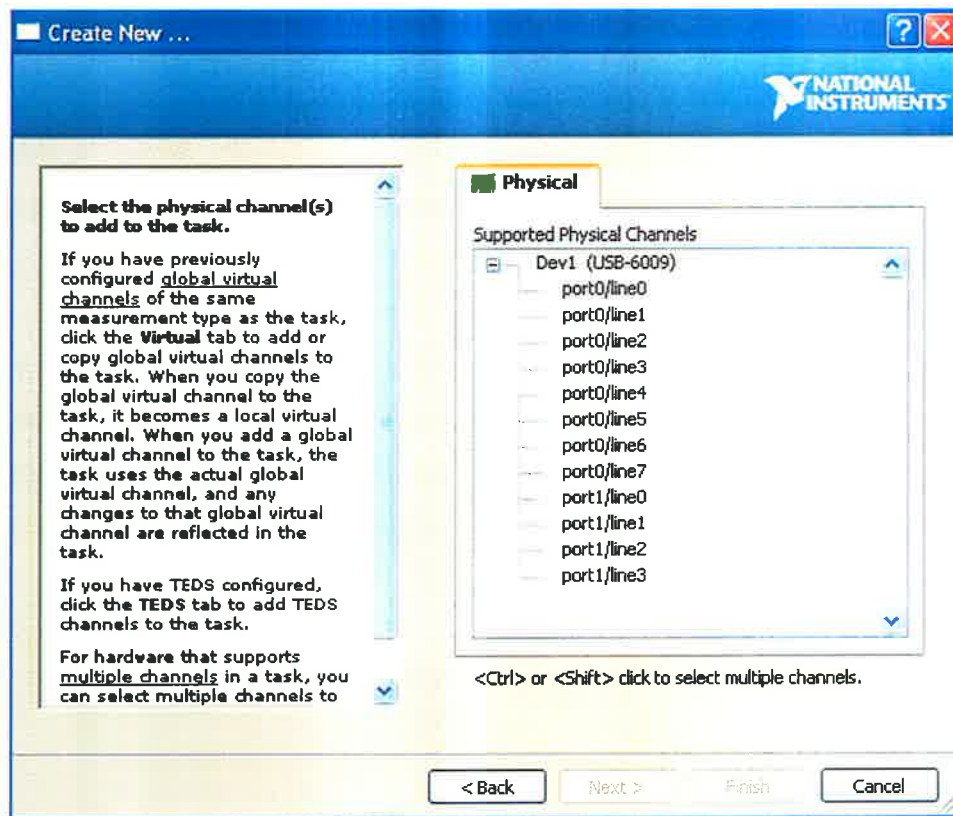


Figura 3.34. Configuración de la DAQ 3 de 5

Después aparecen diversos puertos a los cuales se puede conectar la señal que manda el PLC, es decisión del programador que puerto tomar, en este caso se toma el puerto 0 línea 0, que se representan e la figura 3.34.

La siguiente ventana en aparecer es donde se prueba el puerto, confirmando que este funcione correctamente, simulando una serie de pulsos que se le manda al puerto seleccionado, tal y como se aprecia en la figura 3.35.

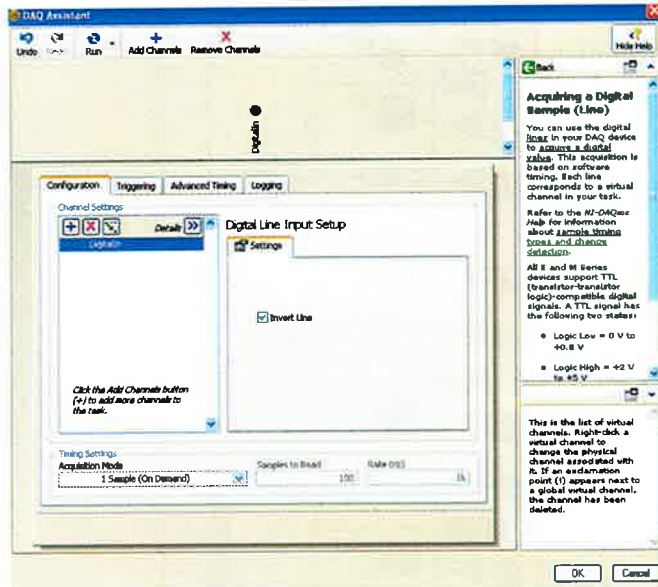


Figura 3.35. Configuración de la DAQ 4 de 5

Por último se agrega una salida al cuadro de la tarjeta DAQ como indicador, ilustrado en la figura 3.36, y este a su vez se une con la parte del resto del programa, el cual recibe y procesa los datos respectivamente.

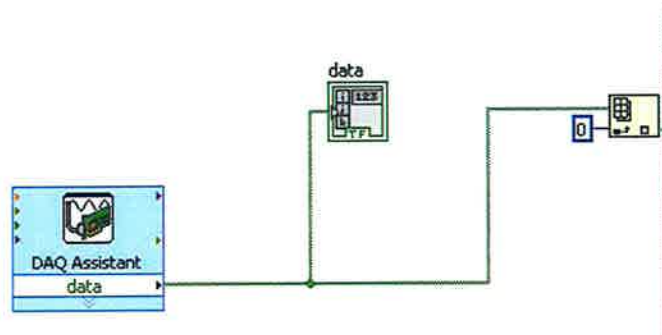


Figura 3.36. Configuración de la DAQ 5 de 5

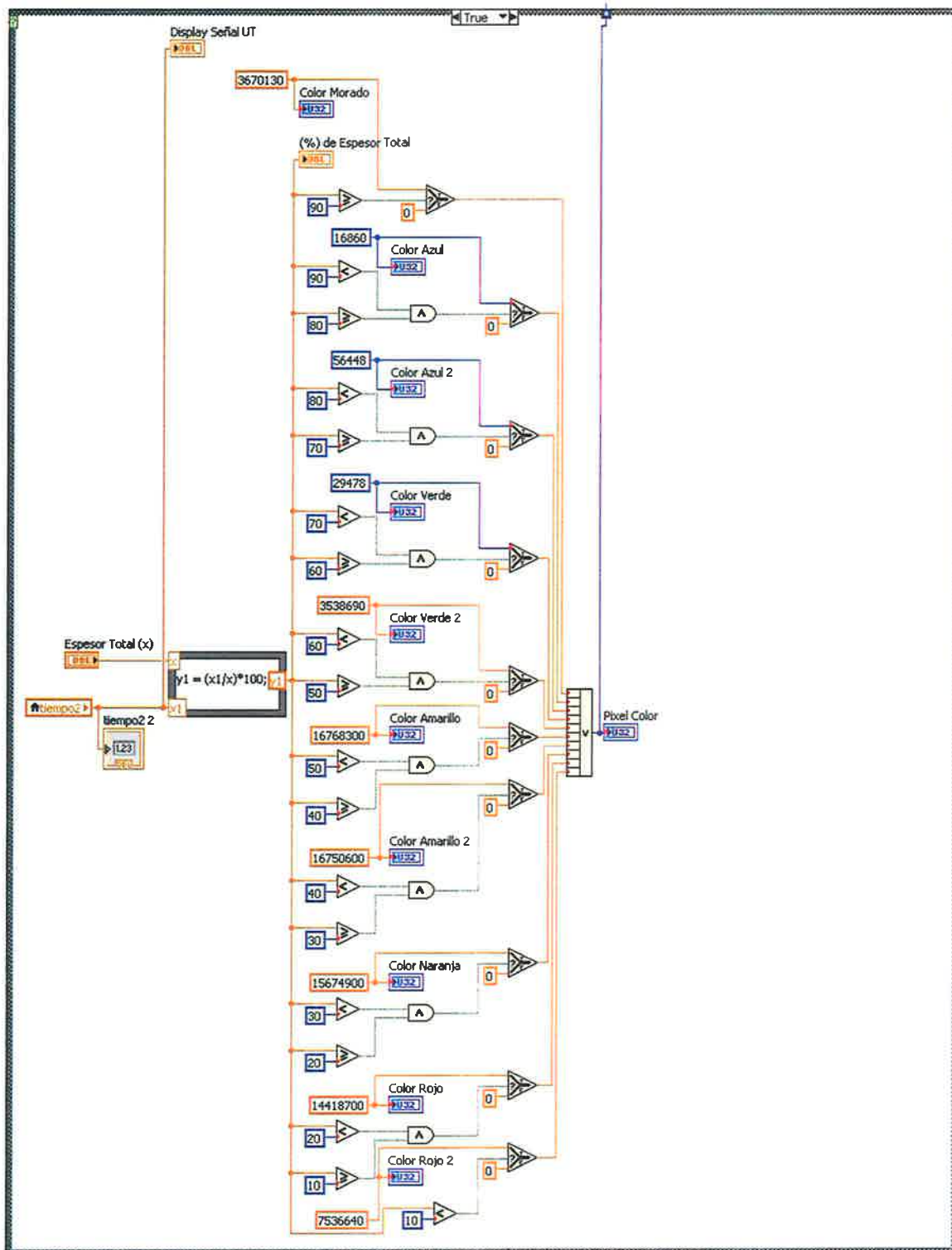


Figura 3.37. Selección de color

En la figura 3.37 se muestran dos casos posibles, uno verdadero y otro falso, el modo verdadero está activado con una acción a realizar. Siendo su lógica la siguiente:

Se hace un reconocimiento de los datos que se le están introduciendo, por medio de operaciones matemáticas, este reconoce el tipo de respuesta que debe mostrar en la parte de panel de control, de acuerdo a ciertos rangos que limitan sus posibles resultados. Estas operaciones se llevan a cabo gracias a una pequeña ecuación como se muestra a continuación:

$$Y1 = (X1/X) * 100$$

Donde:

Y1= Es el valor de salida que determina la coloración del recuadro

X1= Es el valor real del espesor en la pieza que se va a inspeccionar

X = El valor que le está mandando la señal de ultrasonido (valor real de la pieza)

X1 corresponde a un valor que se introduce al programa de forma manual, el valor real de la pieza a inspeccionar, suponiendo que la pieza tiene un espesor de una pulgada al momento de ser instalada, con el correr de los años la pieza se puede ir desgastando hasta llegar a un punto en el que ya no sea seguro ni apropiado seguir usándola, esto se puede comprobar con una prueba de ensayos no destructivos, el cual se determina con un medidor de espesores tal y como su nombre lo indica, imaginando que la pieza ya se ha desgastado en un 15% y paso de ser una pieza de una pulgada (100 %) a una pieza con un 85% de pulgada.

El ejemplo anterior se hace efectivo en la vida real, es por eso que se emplea este sistema que no solo dará el dato en porcentajes acerca del desgaste, hará también una simulación en base a colores que representaran la sanidad del material.

poniendo en primer plano el color morado como color designado a una pieza cuyo espesor a un se mantiene en óptimas condiciones (mayor al 90% de su espesor), este color cambiara en base al espesor de la pieza a analizar, conforme la pieza sea cada vez más delgada en comparación con su espesor original, el color cambia pasando por los colores: azul, verde, amarillo, naranja rojo y café considerando a este último como el color que se le designa a la pieza que tiene un espesor menor al 10% de su espesor original.

El otro dato que se maneja es el de X que corresponde al valor que arroja el transductor de ultrasonido, este es el valor actual de la pieza, la cual se compara con el valor del espesor que agregaremos de forma manual. Al realizar la operación que se describe en el recuadro anterior, arroja un dato, el cual por medio de comparaciones es procesado para poder definir un color, por ejemplo si el dato numéricc que arroja es mayor o igual a 70 pero menor que 80 este entra en la parte que corresponde al “azul 2” y obviamente pinta el recuadro del color azul , si dado el caso el número que resulta de la ecuación que se encuentra en el recuadro es mayor al 90, le corresponde a la parte llamada “color morado”, y como último caso, si el numero resultante es menor a 20 pero mayor que 10 le corresponde el “color rojo”. Estos datos se reflejan en un conjunto de cuadros los cuales guardan el color que se les asigna durante el tiempo que dura la inspección, dando una idea en tiempo real sobre el estado actual de la pieza, semejando una representación “C-Scan” misma que se describió anteriormente.

Estos datos tienen la ventaja de poder respaldarse en una memoria o en la misma computadora, teniendo acceso a ellos cuantas veces sea necesario.

3.5. Cotización

Este proyecto es evaluado con fines informativos, ya que es un proyecto que se llevará a cabo y es necesario la obtención del precio exacto de cada uno de los componentes, mismos que se mencionan en la tabla 3.16.

Descripción	Material	Precio unitario	Cantidad	Total
Motor MTR-DCI-32S-VCSC-EG7-R2IO	533736	22,621.96	1 pza.	22,621.96
Motor MTRE-ST-42-48S-AA	530059	12,746.18	1 pza.	12,746.18
CABLE ALIMENT. P/MTR-DCI 2.5 mts	537931	1,511.95	1 pza.	1,511.95
EJE CORREA DENTADA ELGR-TB-35-500-0H	560505	9,524.94	1 pza.	9,524.94
CARCASA RUEDAS Z	3 ,030.00	7 ,445.00	2	14,890.00
CORAZA 2 Z	3 ,630.00	8 ,045.00	2	16,090.00
CORONA Z	120.00	2 ,335.00	1	2,335.00
CUBIERTA ESCÁNER NUEVO	2 ,100.00	6 ,065.00	1	6,065.00
DEFENSA Z	1 ,820.00	3 ,885.00	1	3,885.00
EJE ENGRANES	20.00	435.00	10	4,350.00
EJE RUEDAS	80.00	495.00	4	1,980.00
SOPORTE 2Z	2 ,500.00	7 ,715.00	2	15,430.00
ENGRANE TRANSMISIÓN Z	180.00	2 ,395.00	1	2 ,395.00
PIÑÓN Z	80.00	2 ,295.00	1	2 ,295.00
SOPORTE 2	2 ,500.00	7 ,715.00	2	15,430.00
TAPA RUEDAS Z	470.00	2 ,685.00	2	5,370.0
				114,298.07

Tabla 3.16. Cotización

3.6. Resultados finales

Los resultados finales que arrojo este diseño son los siguientes.

- El diseño se llevó a cabo cumpliendo con las características que se requerían al inicio.
- Se logró la creación de una interfaz con la cual poder comunicar a la parte que obtiene datos con la parte que los procesa.
- Los elementos que en este diseño se desarrollaron fueron originales.
- El diseño fue producto de un esfuerzo propio.
- La implementación de principios de mecánica fueron aplicados en este diseño, de los cuales eran en un principio completamente ajenos a mi formación académica.

Conclusiones

Una vez concluido este diseño de escáner, se han llegado a conclusiones muy importantes que se mencionan a continuación.

- Este prototipo cumple con las necesidades que se tenían contempladas de realizar inspecciones más rápidas y confiables, en base a mecanismos automatizados semi-independientes.
- Gracias a la herramienta de programación Labview se pudo crear la interfaz entre los elementos de control y de potencia.
- La creación de un sistema de inspecciones automatizado será innovador en el área de Ensayos No Destructivos.
- Gracias a este proyecto involucramos diferentes herramientas de diseño, programación y generación de ultrasonido, enfocándolos a un fin común por medio de diferentes componentes electrónicos y mecánicos.
- La parte que se menciona en este documento ha llegado solamente al diseño y cotización, pero su fabricación aún sigue en curso, por lo que no descarto la posibilidad de lograr terminar en su totalidad este proyecto.

Bibliografía

- Jorge Sagrero, Manual de ultrasonido nivel 1 (CIDESI)
- Jorge Sagrero, Manual de ultrasonido nivel 2 (CIDESI)
- José Rafael Lajara, y José Pelegri, Labview Entorno grafico de programación, Marcombo Ediciones.
- Sergio Gómez G., Solidworks practico 1, Pieza ensamblaje y dibujo, Marcombo Ediciones.
- Sergio Gómez G., Solidworks practico 2, Complementos. Marcombo Ediciones.
- USB-UT350 SDK User's Guide
- <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/CoDeSys>
- <http://eindus.wordpress.com/category/codesys/>