



Desarrollo de un odómetro por visión por computadora para la inspección interna de aerogeneradores.

Proyecto Terminal

Por

Omero Nicolás Olalde Mendoza

En cumplimiento a los requerimientos para obtener la
Especialidad de Tecnólogo en Mecatrónica

Revisor académico: Dr. Noé Amir Rodríguez Olivares

Santiago de Querétaro, Qro., México, junio 2020



**Desarrollo de un odómetro por visión por computadora para la
inspección interna de aerogeneradores.**

Proyecto Terminal

Por

Omero Nicolás Olalde Mendoza

En cumplimiento a los requerimientos para la obtención de la
Especialidad de Tecnólogo en Mecatrónica

Revisor académico: Dr. Noé Amir Rodríguez Olivares

Santiago de Querétaro, Qro., México, junio 2020



ESPECIALIDAD TECNOLOGO EN MECATRONICA

Dr. Jorge Alberto Soto Cajiga
Coordinador Académico

Los abajo firmantes, miembros del comité Tutorial del estudiante **Omero Nicolás Olalde Mendoza**, una vez leído y revisado el informe de la practica de entrenamiento industrial, titulado **“Desarrollo de un odómetro por visión por computadora para la inspección interna de aerogeneradores”** aceptamos que el referido informe revisado y corregido sea presentado por el estudiante para concluir su plan de estudios como **Especialista Tecnólogo en Mecatrónica**.

Y para que así conste firmo la presente a los 17 días del mes de junio del año dos mil veinte.

Dr. Noé Amir Rodríguez Olivares
Tutor Académico

Índice general

Agradecimientos	v
Resumen	6
1. Introducción	7
2. Planteamiento del problema	9
3. Objetivo	10
3.1. General	10
3.2. Específicos	10
4. Justificación	11
5. Alcances y limitaciones	12
5.1. Alcances	12
5.2. Limitaciones	12
6. Antecedentes	13
6.1. Una técnica basada en la visión para la medición de la longitud del tendido de cables metálicos.	14
6.2. Medios y métodos interferométricos para la determinación precisa de la longitud del cable de registro de pozos de fibra óptica.	15
6.3. Sistema para determinar la longitud desplegada de un elemento de tensión flexible.	16
7. Metodología	17
8. Desarrollo	18
8.1. Definición de sensores y tarjetas de desarrollo	20
8.2. Desarrollo de banco de pruebas	22
8.3. Programación	26
8.3.1. Programación de código Python	26
8.3.2. Programación de código en c	30
8.3.3. Programación de interfaz	31
8.4. Pruebas	32

9. Resultados	35
10. Conclusión	39

Índice de figuras

2.1. Método actual de inspección del interior de las palas de aerogeneradores [8].	9
4.1. Fallas mas comunes en un aerogenerador [3].	11
6.1. Sistema para medir cable.	13
6.2. Método de medición de cable [11].	14
6.3. Método de medición de cable.	14
6.4. Sistema para medir fibra óptica [12].	15
6.5. Concepto del sistema para medir elementos de tensión flexible [13].	16
7.1. Metodología propuesta.	17
8.1. Diagrama de bloques propuesto.	19
8.2. Pi-Camera-Rev1.3.	20
8.3. Sensor óptico reflectivo.	20
8.4. Raspberry Pi3+.	21
8.5. Tarjeta de desarrollo MSP430.	21
8.6. Concepto para el modo de empleo del sistema.	22
8.7. concepto del sistema propuesto.	23
8.8. Banco de pruebas.	24
8.9. Banco de pruebas vista lateral.	25
8.10. Segunda version del banco de pruebas.	25
8.11. Diagrama de flujo para el código en Python.	26
8.12. Filtrado de las imágenes.	27
8.13. Imagen a color y escala de gris.	28
8.14. Binarizacion de la imagen.	28
8.15. clasificación de las figuras.	29
8.16. Diagrama de flujo código en c.	30
8.17. Diagrama de flujo código para la interfaz.	31
8.18. Sistema montado pruebas preliminares.	32
8.19. Prueba del sistema completo.	33
8.20. Prueba del sistema.	34
9.1. Sistema final.	35
9.2. Interfaz final.	36
9.3. Interfaz final.	37

9.4. Interfaz final Labview y Python. 38

Agradecimientos

Primero que nada agradezco a dios por permitirme seguir viviendo, agradezco a mis padres infinitamente por su apoyo atenciones,consejos y todo lo que me ha ido formando como persona y profesionista, ya que es lo que me ha llevado a encontrar la motivación para seguir estudiando.

Agradezco a mi madre por la paciencia y atenciones que son las me impulsan a seguir, a mi padre por los consejos, motivación y apoyo que me han ido formando y a mi hermano por el apoyo incondicional y la ayuda que siempre esta dispuesto a brindar.

Agradezco a mi asesor el Dr. Noe Amir Rodríguez Olivares por darme la oportunidad y la confianza de trabajar con el, por sus consejos, exigencias, sobre todo la ayuda y conocimientos que siempre esta dispuesto a brindar, también agradezco a mi co-asesor el Dr. Luciano Nava Balanzar por el apoyo y conocimientos brindados y la disposición de siempre ayudar.

Agradezco a mis compañeros y amigos por el apoyo y su amistad en especial a Edgar Valencia, José María Guillen, Tito Villalobos, Daniel Mondragon, Jose Matilde Hernandez, Kevin Miramontes, Francisco Oronia, Jose Antonio Felix por brindarme apoyo y conocimientos pero sobre todo su amistad.

Agradezco A CIDESI en especial al área de energías y a todo el personal que lo conforma por la confianza, aprendizaje y todos los recursos brindados, también agradezco a CONACYT por la beca brindada.

Resumen

En este documento se presenta el desarrollo un odómetro por visión por computadora para la inspección interna de palas de aerogeneradores. En primera instancia se puede encontrar una introducción, la cual tiene como objetivo entrar en contexto de lo que es un odómetro y cuál es su función, posteriormente se puede apreciar el planteamiento del problema, el cual da apertura al objetivo y la justificación del proyecto. Siguiendo con la distribución del trabajo encontramos lo que son los alcances y limitaciones, que sirvieron como parámetro para el desarrollo del proyecto, posteriormente se aprecia el capítulo de antecedentes, en el cual se presentan trabajos similares con la finalidad de poder comparar trabajos similares con el que se presenta, en el siguiente capítulo se puede encontrar un diagrama de flujo, el cual esclarece la metodología de trabajo, en este diagrama de flujo se consideraron puntos como la selección de sensores y tarjetas de desarrollo, también se presentan los algoritmos que se utilizaron para la programación de aplicaciones, las cuales se desarrollaron en *Python* y *LabVIEW*. Finalmente, se podrá encontrar el desarrollo resultados y conclusiones del proyecto.

Capítulo 1

Introducción

Se llama odómetro al equipo que mide la distancia o camino entre dos o varios puntos. Los odómetros mecánicos fueron los primeros en ser fabricados, pero con el pasar del tiempo y la evolución de la electrónica los odómetros mecánicos se han ido sustituyendo por dispositivos digitales [1] [2]. Los odómetros son uno de los sistemas más antiguos de medición, actualmente existe una gran cantidad de dispositivos para medir distancias ya sean mecánicos o digitales, como lo es el odómetro de rueda y el odómetro láser, estos tienen diversas aplicaciones como lo es medir superficies regulares o longitudes.

Generalmente se puede encontrar una gran variedad de odómetros ya que el diseño de estos depende de la aplicación a la cual estaría destinado, siempre conservando el principio de funcionamiento. Un odómetro mecánico funciona de manera que al desplazar una rueda sobre una superficie se produce un movimiento rotacional el cual por medio de una relación de engranes se convierte a una distancia. El odómetro digital se puede encontrar con una gran variedad de sensores, como los ópticos reflectivos, sensores magnéticos, entre otros. Estos sensores de igual manera se encuentran adaptados a un mecanismo que se encuentra en contacto con una superficie que se desea medir.

Algunas de las limitaciones para funcionar los odómetros es que tanto el analógico como el digital tiene que tener contacto directo con la superficie que se desea medir, o instalar una serie de sensores, mecanismos o dispositivos para lograr el cometido sin hacer contacto con la superficie a medir. Los odómetros mecánicos son de resolución fija, y la máxima longitud que puede medir está supeditada a cuestiones mecánicas, los odómetros digitales son sistemas muy confiables ya que cuentan con una mejor resolución que los mecánicos, sin embargo, mayoría de estos sistemas requieren estar en contacto con la superficie que se desea medir.

La propuesta de este trabajo es el desarrollo de un odómetro por visión por computadora, el cual pueda cumplir con las características de realizar medidas exactas y precisas a cables de diferentes calibres y longitudes, aislando por completo el sistema del contacto con cualquier superficie.

Capítulo 2

Planteamiento del problema

Existen diferentes maneras de poder dar mantenimiento a las palas eólicas, algunas de ellas incluyen drones equipados con cámaras para detectar anomalías, otro método es que un técnico recorra el interior de la pala con equipos instrumentados los cuales están sujetos a uno o varios cables para poder transmitir los datos recolectados a un ordenador, esto resulta muy riesgoso y de alto costo. Al detectar una falla o anomalía, es de suma importancia saber a que altura de la pala se ubica exactamente, una opción es medir la longitud del cable que a recorrido dentro de la pala por medio de un odómetro [4] [5].

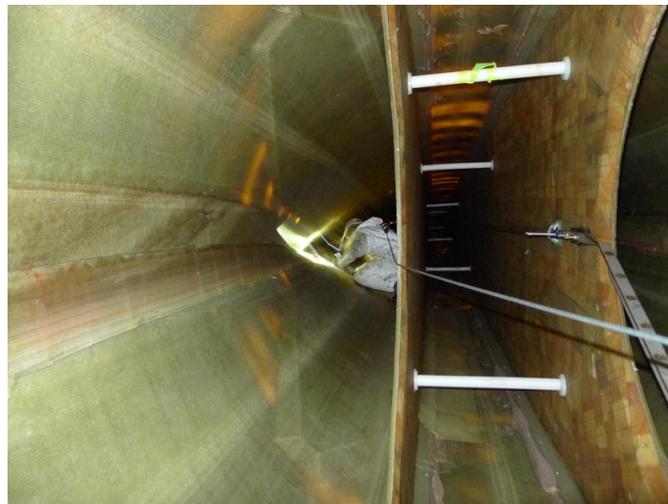


Figura 2.1: Método actual de inspección del interior de las palas de aerogeneradores [8].

Capítulo 3

Objetivo

3.1. General

Desarrollar e implementar un odómetro que por medio de visión por computadora sea capaz de medir longitudes de diferentes calibres de cable.

3.2. Específicos

- 1.- Definir cámara apropiada.
- 2.- Definir tarjeta para el desarrollo del sistema.
- 3.- Desarrollar un código para el procesamiento de imágenes.
- 4.- Crear la interfaz gráfica que nos permita visualizar la distancia del cable.
- 5.- Realizar las pruebas del sistema midiendo longitudes de cable.

Capítulo 4

Justificación

Tan solo en México en el año 2012 se instalaron 800 aerogeneradores por lo cual a largo de la vida funcional de estos al encontrarse expuestos a todo tipo de condiciones meteorológicas como lo son los cambios de temperatura, cambios de presión, choques de aves y los rayos que son un peligro latente, esto conlleva a que las palas de los aerogeneradores están en constante degradación, poniendo en riesgo el funcionamiento correcto de estos. [4] [2]

Las fallas de los aerogeneradores se pueden clasificar en dos grupos como pequeños correctivos, los cuales su tiempo de solución no supera las 24 horas y los grandes correctivos, los cuales son afectaciones en los elementos principales que conforma el aerogenerador, en este segundo grupo es donde se sitúan las fallas mecánicas como lo son las palas. es por eso que cabe decir que un aerogenerador deja de producir aproximadamente entre un 5% y un 10% de la energía que podría producir por diversos problemas eléctricos o mecánicos.

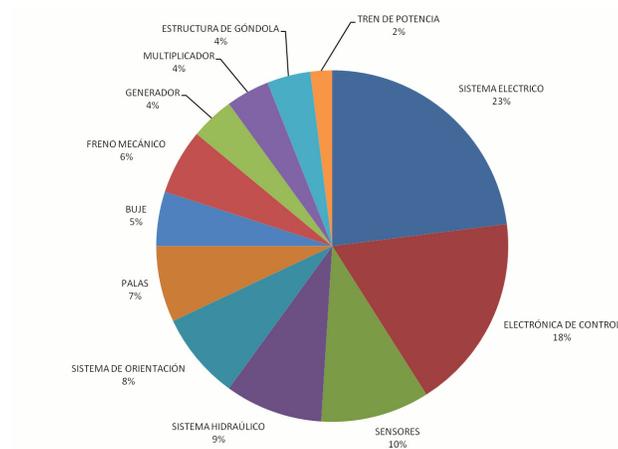


Figura 4.1: Fallas mas comunes en un aerogenerador [3].

Capítulo 5

Alcances y limitaciones

5.1. Alcances

- A.- Desarrollar un código en lenguaje python para el procesamiento de imágenes.
- B.- Se desarrollara un código en c para sensores ópticos reflectivos.
- C.- Desarrollar un banco de pruebas para simular las condiciones de operación.
- D.- Se desarrollara una interfaz gráfica para la visualización de los datos.

5.2. Limitaciones

- A.- Probar el sistema con ayuda de un banco de pruebas que simule las condiciones de operación.
- B.- Debe medir diferente calibre de cables y de diferente formas.
- C.- Las condiciones para la operación de una cámara deben ser un ambiente controlado.

Capítulo 6

Antecedentes

La medición de grandes longitudes de cable no es problema nuevo, para esto ya se puede encontrar una gran variedad de soluciones, sin embargo, medir cable con sistemas que no dependan de mecanismos que hagan contacto con este excite un menor numero de soluciones. Dentro de la literatura podemos encontrar diferentes aplicaciones de sistemas similares, donde su aplicación es variada, como la minera, investigación, entre otras.



Figura 6.1: Sistema para medir cable.

6.1. Una técnica basada en la visión para la medición de la longitud del tendido de cables metálicos.

Alberto Vallan y Filippo Molinari realizaron un proyecto para medir cable sin necesidad de hacer contacto con este, este sistema esta diseñado para emplearlo con cable trenzado ya que el trenzado da pauta a poder convertirlo en distancia como podemos apreciar en la imagen 6.2 [11].

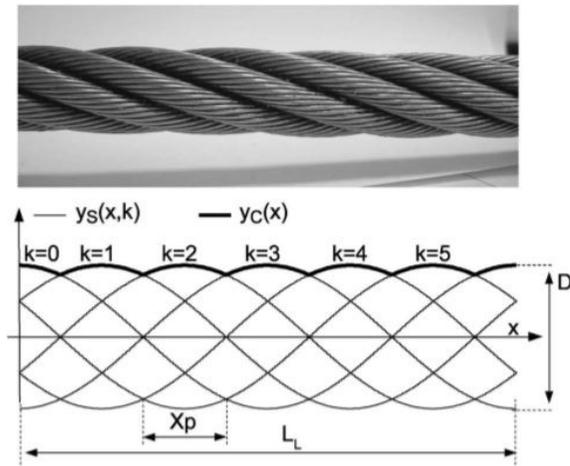


Figura 6.2: Método de medición de cable [11].

En la imagen 6.3 se puede apreciar el sistema que se necesita para medir cable con esta propuesta, como podemos ver es un sistema muy simple pero efectivo y consta de una cámara y un sistema de iluminación.



Figura 6.3: Método de medición de cable.

6.2. Medios y métodos interferométricos para la determinación precisa de la longitud del cable de registro de pozos de fibra óptica.

Dentro de la literatura también podemos encontrar patentes, una de ellas esta hecha por Davis L. Willis y Matthew W. Kore en la cual proponen un sistema de medición para cable de fibra óptica, utilizando un sistema de sensores ópticos reflectivos, como podemos apreciar en la figura 6.4 se muestra el principio de funcionamiento del sistema, donde de un extremo emite luz y en el otro hay receptor que cuenta las franjas [12].

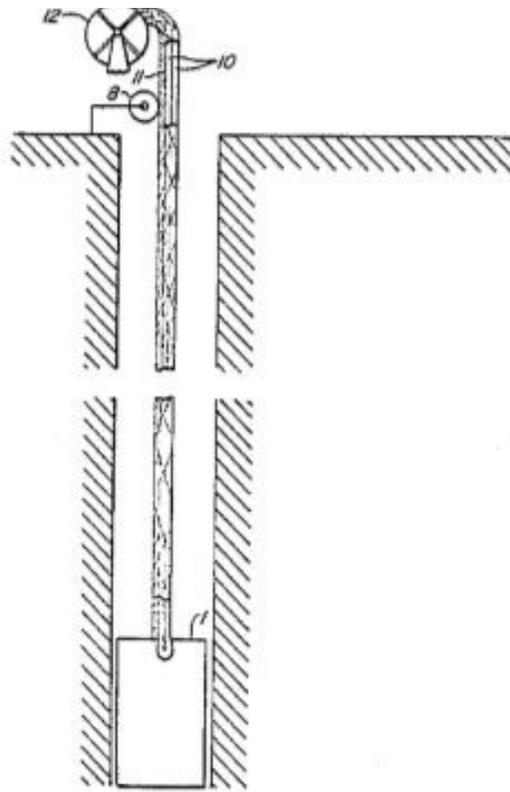


Figura 6.4: Sistema para medir fibra óptica [12].

6.3. Sistema para determinar la longitud desplegada de un elemento de tensión flexible.

John T. Pryor, William H. Marn y Christopher M. son los autores de esta patente, donde proponen una solución a un sistema para medir elementos de tensión flexible como lo es el cable o manguera, el sistema consta de hacer pasar el elemento por un embudo el cual esta instrumentado, de esta manera con la ayuda de una computadora mide la longitud del elemento que se desplace sobre el, en la figura 6.5 podemos apreciar el mecanismo de este sistema [13].

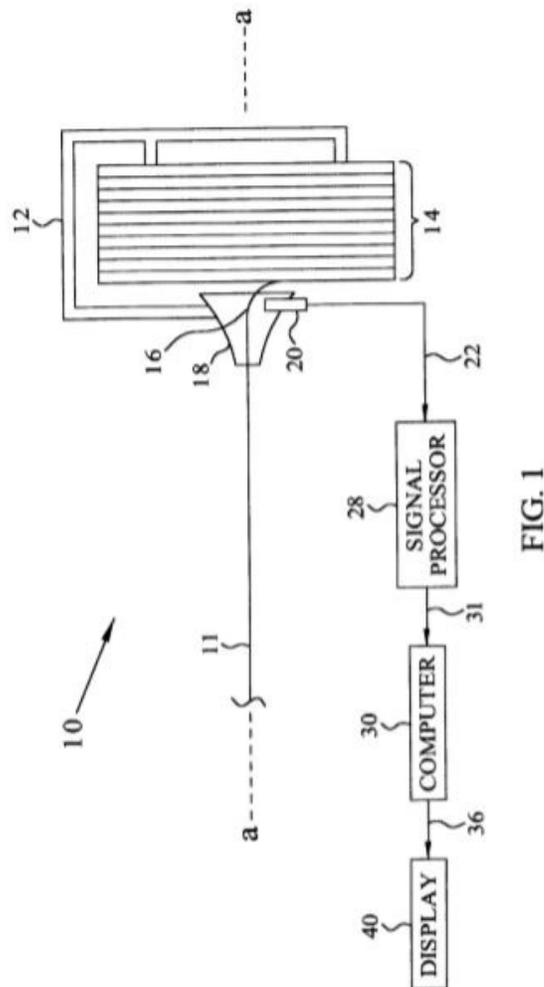


Figura 6.5: Concepto del sistema para medir elementos de tensión flexible [13].

Capítulo 7

Metodología

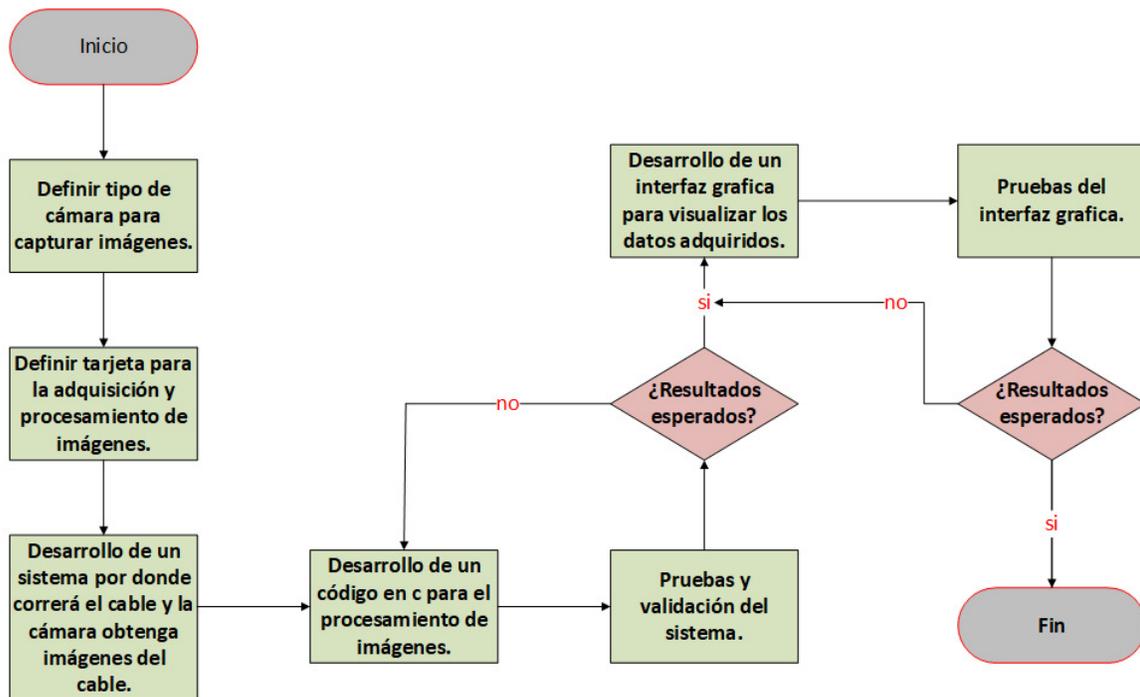


Figura 7.1: Metodología propuesta.

Capítulo 8

Desarrollo

Para el desarrollo del este proyecto se siguió la metodología propuesta que se puede observar en la Figura 7.1 el cual es un diagrama de flujo propuesto, donde se puede observar que tiene una parte teórica, que corresponde a la selección de los componentes, una parte de desarrollo la cual corresponde a la programación y desarrollo de un banco de pruebas por último, una sección donde se realizan las pruebas del sistema completo.

Con base a la metodología propuesta se puede observar en la figura 8.1 un diagrama a bloques de la estructura del sistema, el cual parte de la alimentación del cable así el sistema, posteriormente llega a la parte de los sensores, los cuales censan la longitud del cable que pase frente a ellos, teniendo los datos de las mediciones se envían a las tarjetas donde se hace el procesamiento de los datos que a su vez lo envían por una terminal serial a un interfaz gráfica para que el usuario pueda monitorear la longitud del cable y el estado en el que se encuentra este.

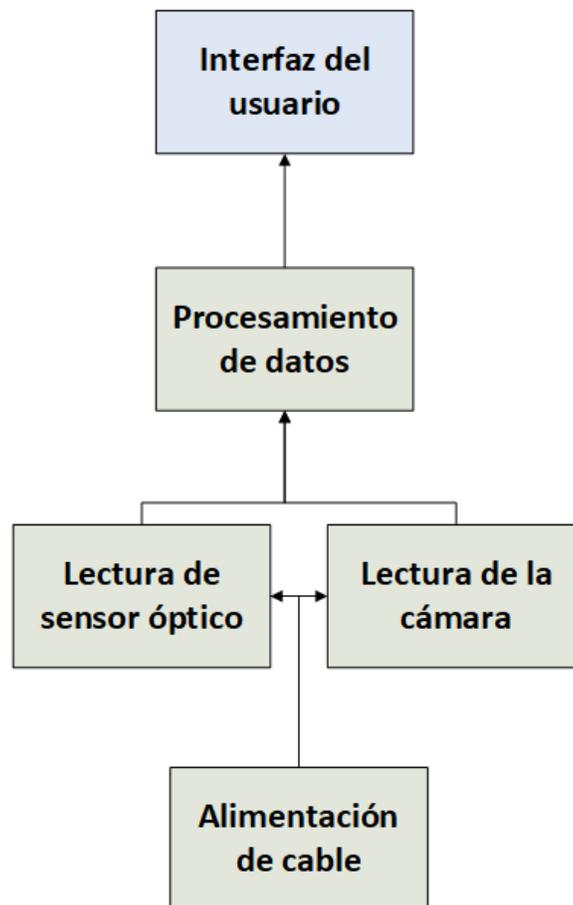


Figura 8.1: Diagrama de bloques propuesto.

8.1. Definición de sensores y tarjetas de desarrollo

El sensor principal es una Pi-Camera-Rev1.3, ya que las características de esta cumplen con ciertos requisitos indispensables como lo es el tamaño y la compatibilidad con varias tarjetas de desarrollo, el bajo consumo energético entre otras, en la Figura 8.2 podemos ver las dimensiones de esta cámara.

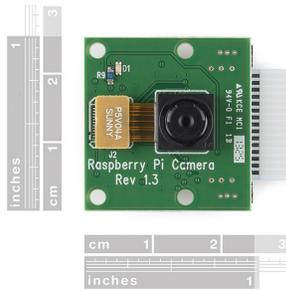


Figura 8.2: Pi-Camera-Rev1.3.

El segundo sensor que se implemento fue un óptico reflectivo, el cual permite tomar una segunda medición y poder comparar resultados de ambos sensores, garantizando así un resultado mas confiable.



Figura 8.3: Sensor óptico reflectivo.

8.2. Desarrollo de banco de pruebas

Como podemos notar en la figura 8.6, es el concepto del proyecto, se muestra como es que se pretende emplear el sistema de medición, este sistema esta pensado para ser utilizado sobre un aerogenerador los cuales miden varios metros de alturas, por ende la pruebas se tuvieron que realizar en un banco de pruebas para simular las condiciones de trabajo, en la figura 8.6 se muestra el concepto del proyecto.

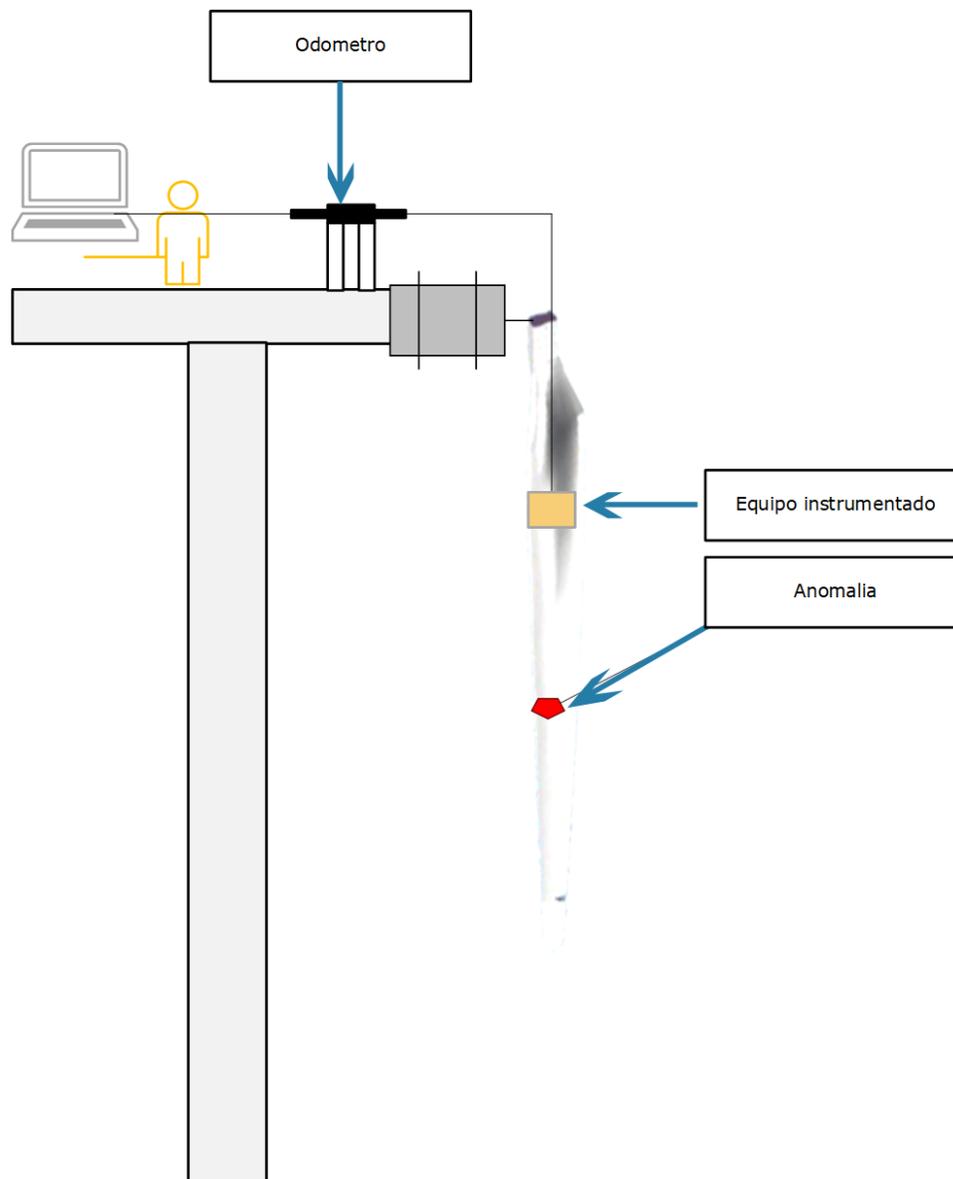


Figura 8.6: Concepto para el modo de empleo del sistema.

8.2. Desarrollo de banco de pruebas

En la Figura 8.7 se muestra el sistema propuesto, el cual consiste en un mecanismo por el cual pasa el cable que se desea medir, en la parte superior de este se encuentran los sensores con su respectiva placa, el sistema se comunica por medio de el protocolo rs232 con un interfaz para que el usuario pueda monitoria en tiempo real la distancia y las condiciones del cable, de ser necesario el sistema se puede monitorio desde alguna terminal a distancia.

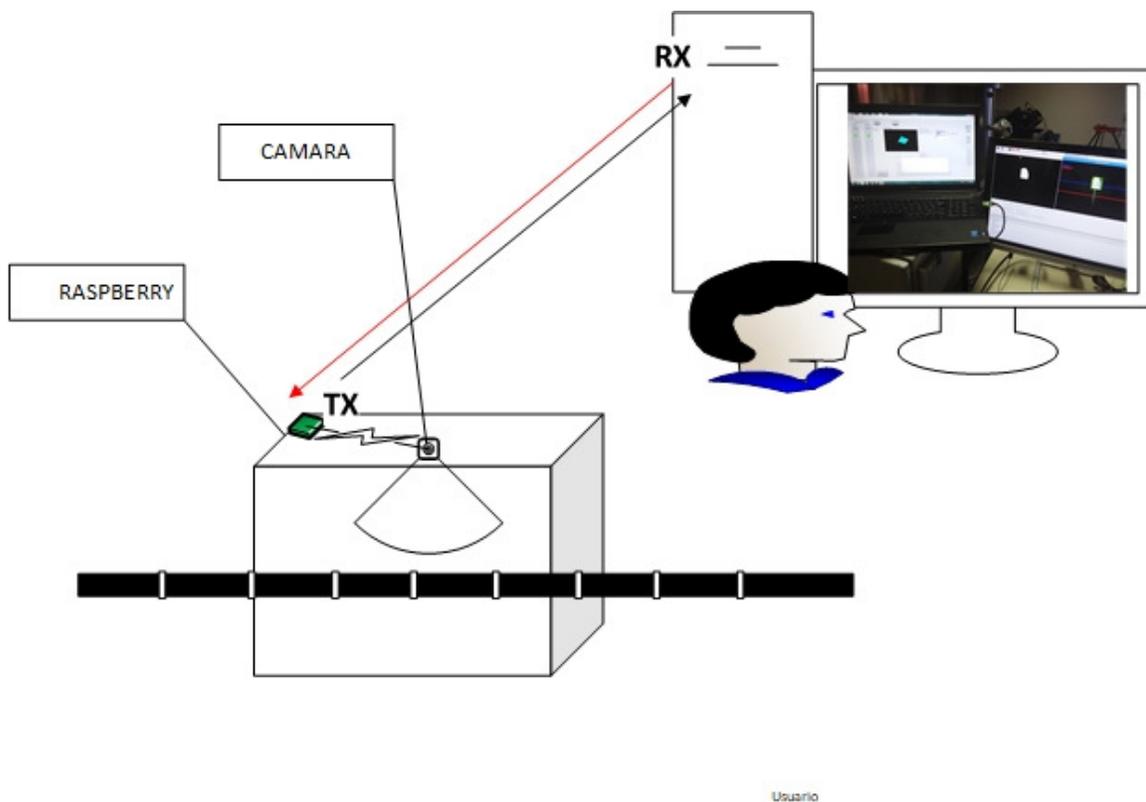


Figura 8.7: concepto del sistema propuesto.

El desarrollo del banco de prueba se realizó con ayuda de una caja, donde se montaron las tarjetas y los sensores previamente seleccionados, de manera que el cable pasara por medio de la caja y los sensores censan la distancia del cable que pasa, en la figura 8.8 podemos apreciar la tapa de la caja donde se puede observar estos sistemas montados. Se puede notar que en el centro de la caja se colocó una serie de leds los cuales son controlados mediante PWM (pulse-width modulation) para regular la intensidad de luz, de manera que la cámara pueda obtener una mejor calidad de imagen, en la figura 8.8 podemos apreciar los leds, la cámara y los sensores ópticos reflectivos.

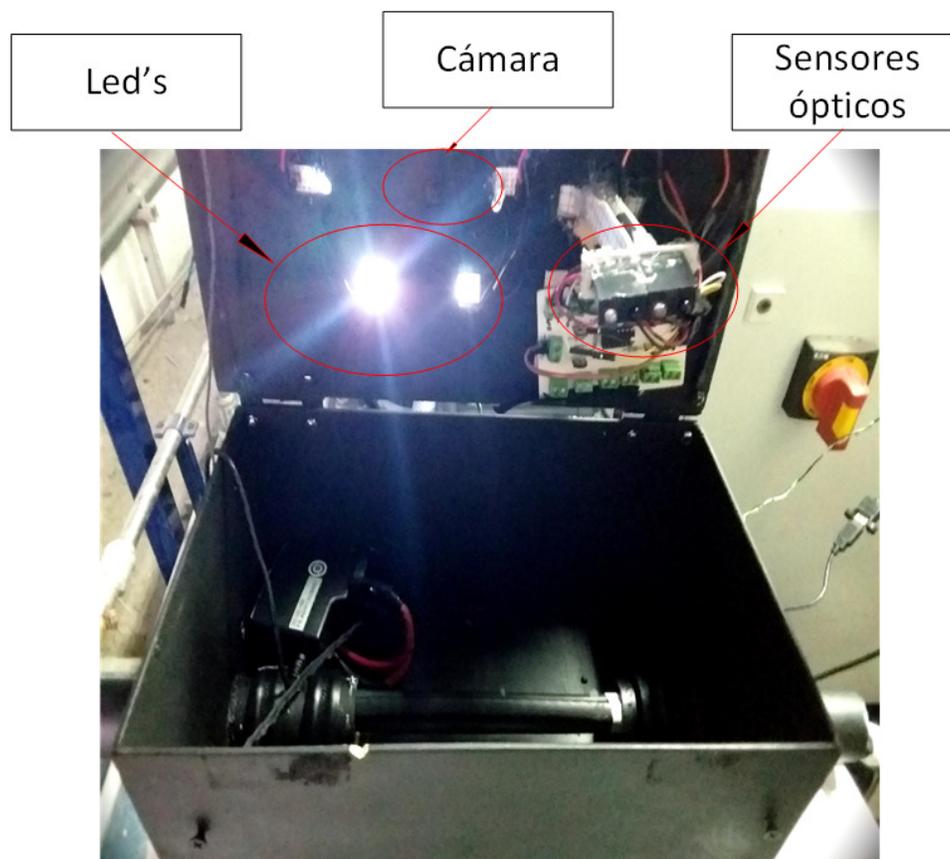


Figura 8.8: Banco de pruebas.

8.2. Desarrollo de banco de pruebas

En la Figura 8.9 es una vista lateral del sistema, donde se puede notar que se puso una guía para que pasara el cable, esta guía es independiente al sistema ya que con o sin ella funciona, se pone para facilitar el uso al operador.



Figura 8.9: Banco de pruebas vista lateral.

Una vez garantizada la eficiencia del banco de pruebas se realizó una segunda versión, la cual es más compacta, en la Figura 8.10 se puede apreciar el sistema final ya instalado para realizar pruebas.

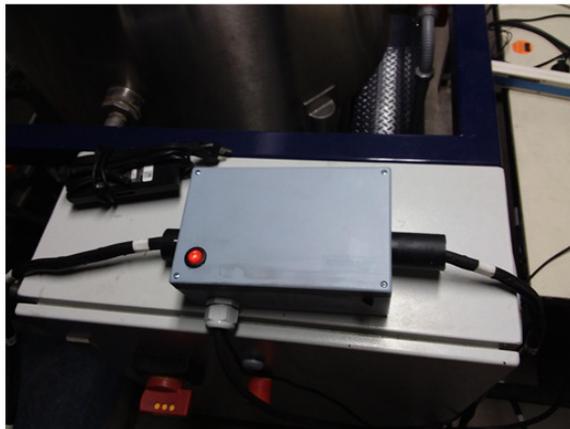


Figura 8.10: Segunda versión del banco de pruebas.

8.3. Programación

8.3.1. Programación de código Python El desarrollo de un código en Python se realizó con la finalidad de procesar las imágenes adquiridas por la cámara, para el desarrollo del código en Python se utilizó la librería CV2 la cual trae una serie de librerías que agiliza el procesamiento y adquisición de imágenes. Como se puede apreciar en la Figura 8.11 es el diagrama de flujo que se utilizó para realizar el código.

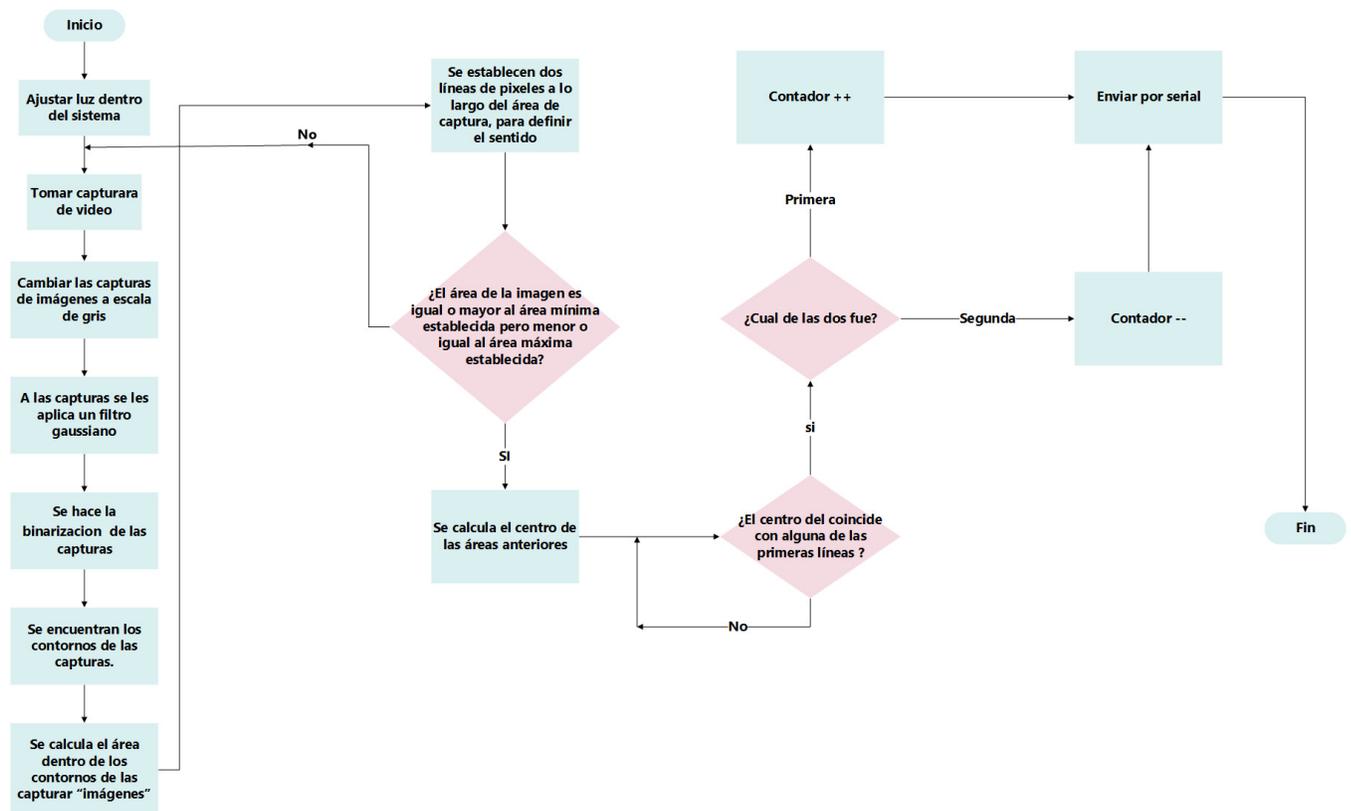


Figura 8.11: Diagrama de flujo para el código en Python.

Como se puede observar se comienza con el ajuste de la luz para tener imágenes con mejor calidad, para lo cual se utiliza modulación por ancho de pulso, una vez teniendo el control de la iluminación se toman la imágenes capturadas por la cámara para comenzar con el procesamiento. Para el procesamiento de las imágenes lo principal fue encontrar las marcas blancas que el cable tenía, para esto se usaron una serie de filtros para identificar estas marcas, ya que son una característica constante del cable. se comienza pasando la imagen a escala de grises, posteriormente se binariza y por ultimo se sacan los contornos de esta en la Figura 8.12 podemos observar la sección del código donde se realiza este procedimiento.

```
#gray-scale conversion and Gaussian blur filter applying
GrayFrame = cv2.cvtColor(Frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
GrayFrame = cv2.GaussianBlur(GrayFrame, (21, 21), 0)
cv2.imshow("Original Frame", GrayFrame)

if ReferenceFrame is None:
    ReferenceFrame = GrayFrame
    continue

#Background subtraction and image binarization
FrameDelta = cv2.absdiff(ReferenceFrame, GrayFrame)
FrameThresh = cv2.threshold(FrameDelta, BinarizationThreshold, 255, cv2.THRESH_BINARY)[1]

#Dilate image and find all the contours
FrameThresh = cv2.dilate(FrameThresh, None, iterations=2)
_, cnts, _ = cv2.findContours(FrameThresh.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

Figura 8.12: Filtrado de las imágenes.

Se puede apreciar el primer filtro, que es cambiar la imagen a escala de grises se hace por medio de la librería *cv2.cvtColor* y se utiliza la función *COLOR_{BGR}GRAY* la cual cambia la imagen en escala de grises, esto se hace para que el procesamiento de la imagen sea mas agil ya que se reducen los colores con los que se esta trabajando, posterior a esto se aplica un filtro Gausiano el cual sirve para hacer el agrupamiento de datos de manera que los cambios de tonos sean mas marcados para esto se usa la función *cv2.GaussianBlur*.



Figura 8.13: Imagen a color y escala de gris.

Teniendo las imágenes filtradas, se realiza la binarización de esta, esto quiere decir que la imagen pasa a valores discretos o dicho de otra manera la imagen solamente valores de 0 y 255 es decir blanco/negro, de manera que solamente tengamos un valor positivo cuando se detecten color blanco o muy similares, para esto se utilizo la función *BinarizationThreshold*. Por ultimo se buscan los contornos de la imagen para posteriormente calcular áreas. Por ultimo se buscan los contornos de la imagen para posteriormente calcular áreas esto se hace mediante la función *cv2.dilate*.

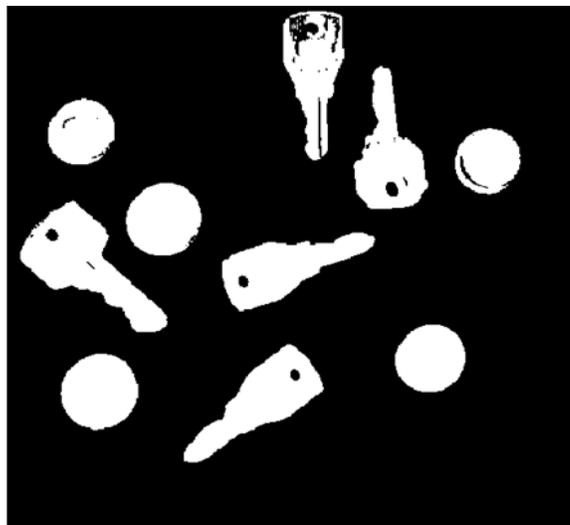


Figura 8.14: Binarización de la imagen.

Una vez identificados los colores y las formas, se clasificaron las formas y colores, esto da apertura a poder diferenciar entre manchas, ruido o marcas importantes para esto se siguió el diagrama de flujo de la figura 8.15. Una vez que se clasificaron las figuras se aplicó el algoritmo que podemos ver en la figura 8.15 que es el mismo que se usó en el msp para los sensores ópticos reflectivos, de manera que los sensores se sustituyeron por dos límites representados por dos franjas y la franja blanca por el centroide de las figuras, y de esta manera ya se pudo deducir si están en movimiento y la dirección en la que se mueve el cable.

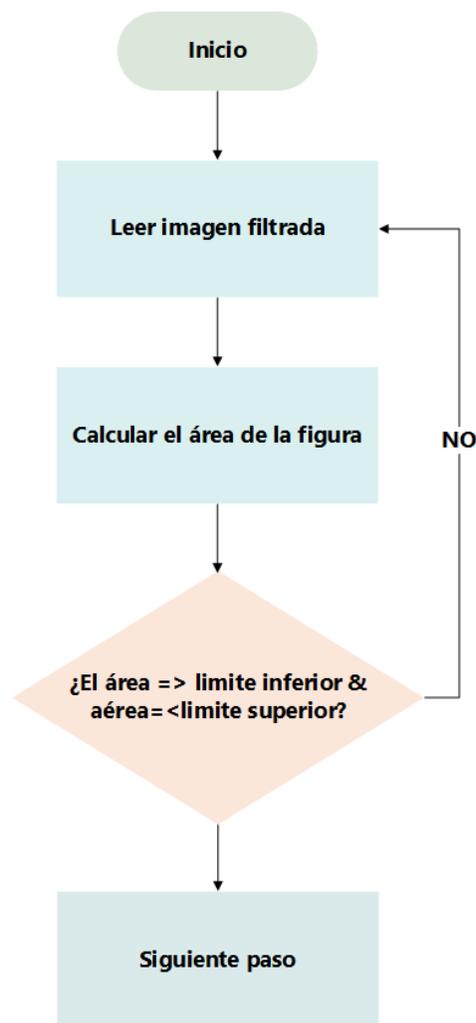


Figura 8.15: clasificación de las figuras.

8.3.2. Programación de código en c El desarrollo del código en c se realizó para el microcontrolador MSP430 el cual funciona de manera paralela a la cámara, de manera que se hace un sistema redundante, de manera que a la hora de medir podamos obtener valores con los cuales comparar. En la Figura 8.16 podemos observa el diagrama del flujo.

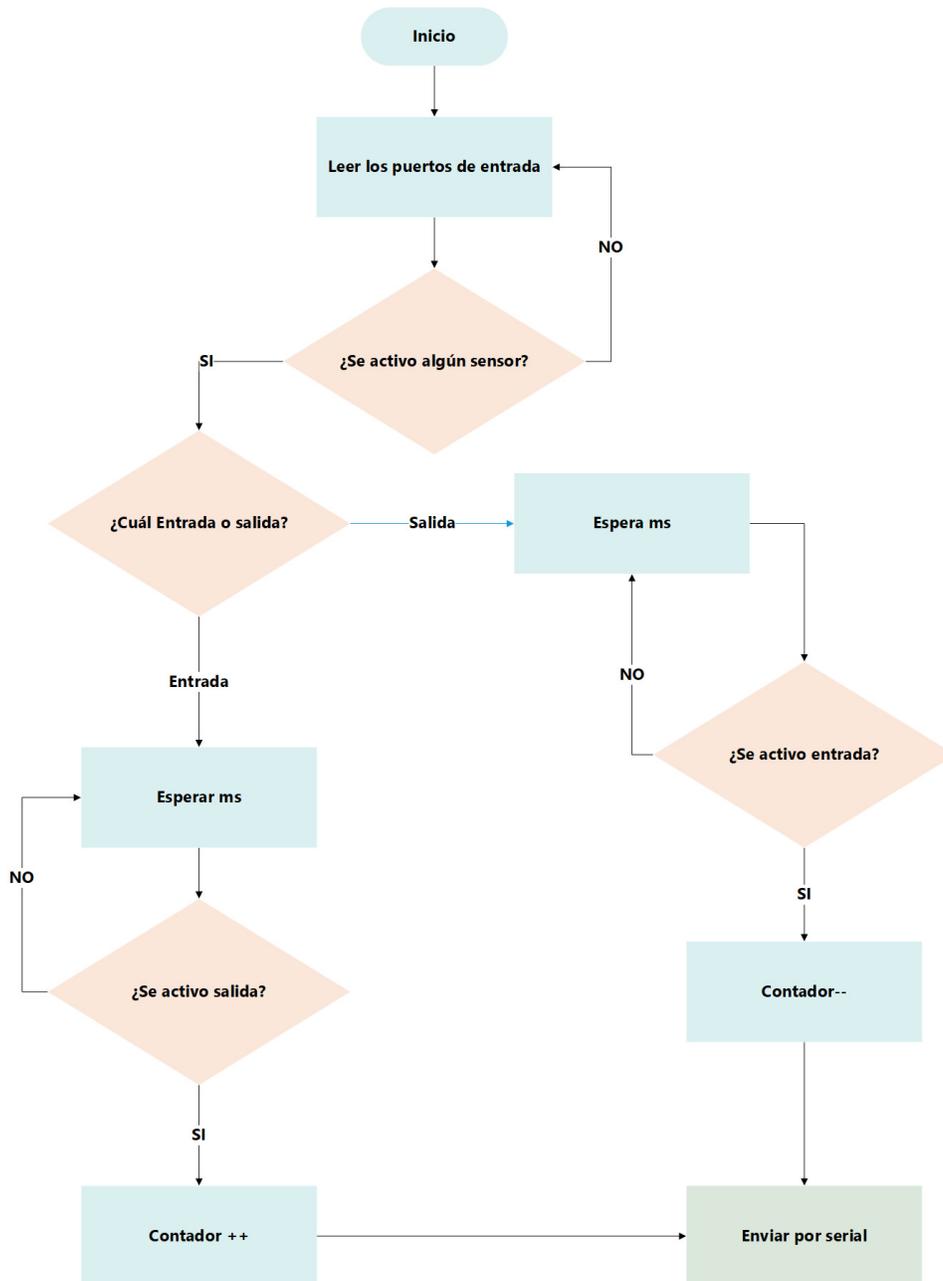


Figura 8.16: Diagrama de flujo código en c.

8.3.3. Programación de interfaz El desarrollo de una interfaz gráfica para la visualización de los datos se realizó con ayuda del software LabView, el cual extrae los datos por medio del protocolo RS232 de la raspberry y del microcontrolador MSP430, ya que por medio del interfaz se hace la comparación de ambos sistemas para corroborar que los datos que se están mostrando son los correctos.

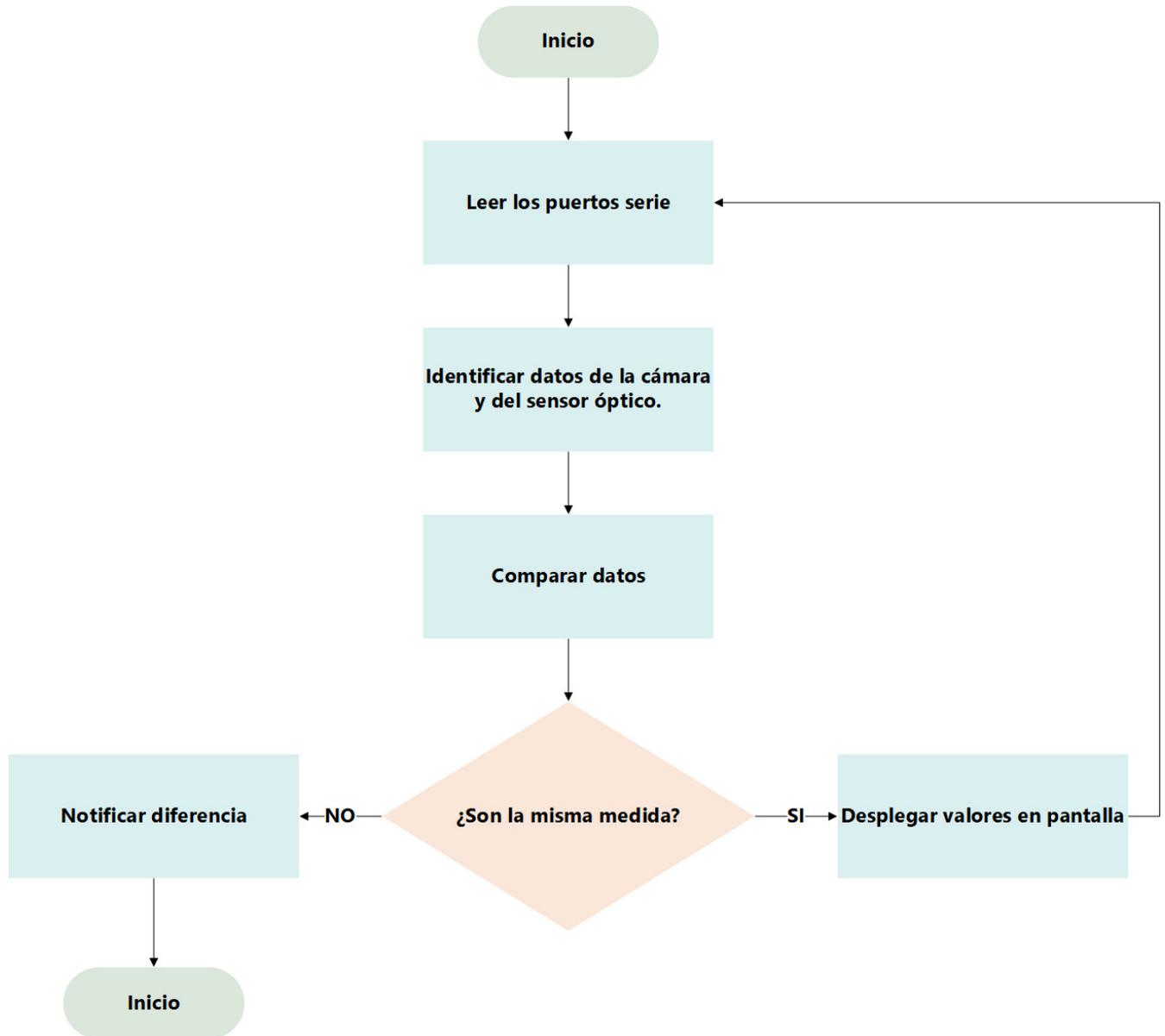


Figura 8.17: Diagrama de flujo código para la interfaz.

8.4. Pruebas

Una vez teniendo el banco de pruebas y culminado el desarrollo de las aplicaciones fue momento de realizar las pruebas del sistema, para estos se utilizó la segunda versión del banco de pruebas el cual se instaló en un segundo piso, simulando las condiciones de trabajo, en la Figura 8.18 podemos ver la prueba realizada, también podemos apreciar que es un sistema muy compacto lo cual lo hace para fácil transporte y uso de él.



Figura 8.18: Sistema montado pruebas preliminares.

8.4. Pruebas

La prueba consistió en pasar de manera repetida el cable a través del sistema que contiene el odómetro en ambos sentidos, el cable fue previamente medido para corroborar el funcionamiento del sistema. En la figura 8.19 podemos apreciar cómo se realizó y se pasaron los 15 metros de cable.



Figura 8.19: Prueba del sistema completo.

En la Figura 8.20 se puede apreciar la cantidad de cable que midió el odómetro desarrollado, teniendo un 100 % eficacia ya que en ninguna prueba midió de manera errónea.



Figura 8.20: Prueba del sistema.

Capítulo 9

Resultados

Se logro un odómetro por visión por computadora el cual proporciona resultados precisos, con ventajas a los sistemas actuales ya que el desarrollado permite tanto la medición de este como su inspección gracias al sistema de visión incorporado.

En la Figura 9.1 podemos observar el sistema terminado el cual resulta muy compacto.

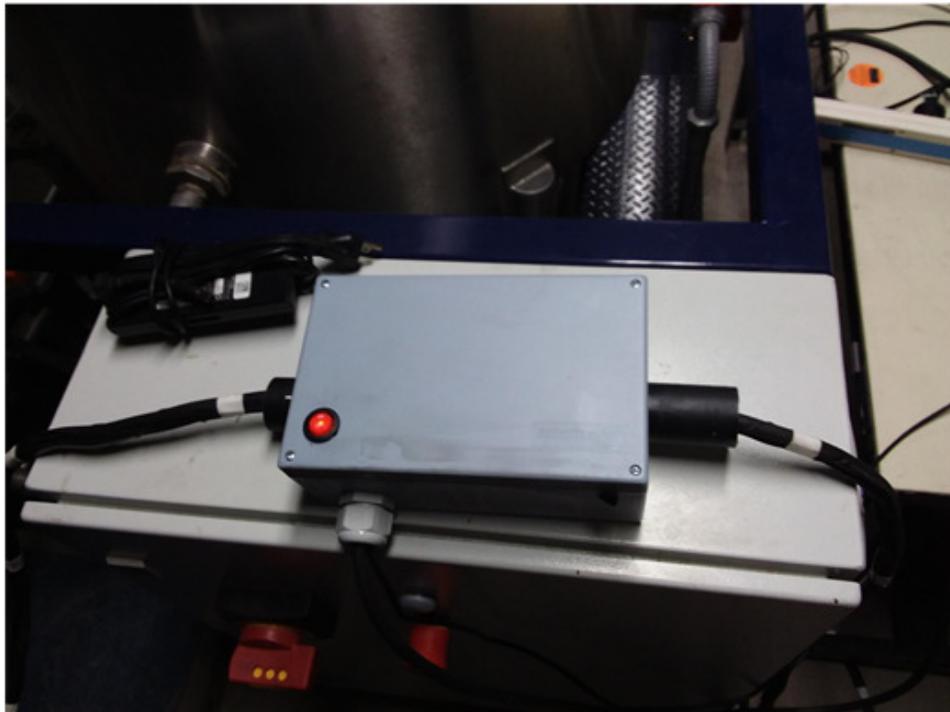


Figura 9.1: Sistema final.

En la Figura 9.2 se puede apreciar el funcionamiento del sistema, en una interfaz para el usuario la cual resulta muy practica ya que permite que el usuario pueda censar el cable recorrido y el estado de este.

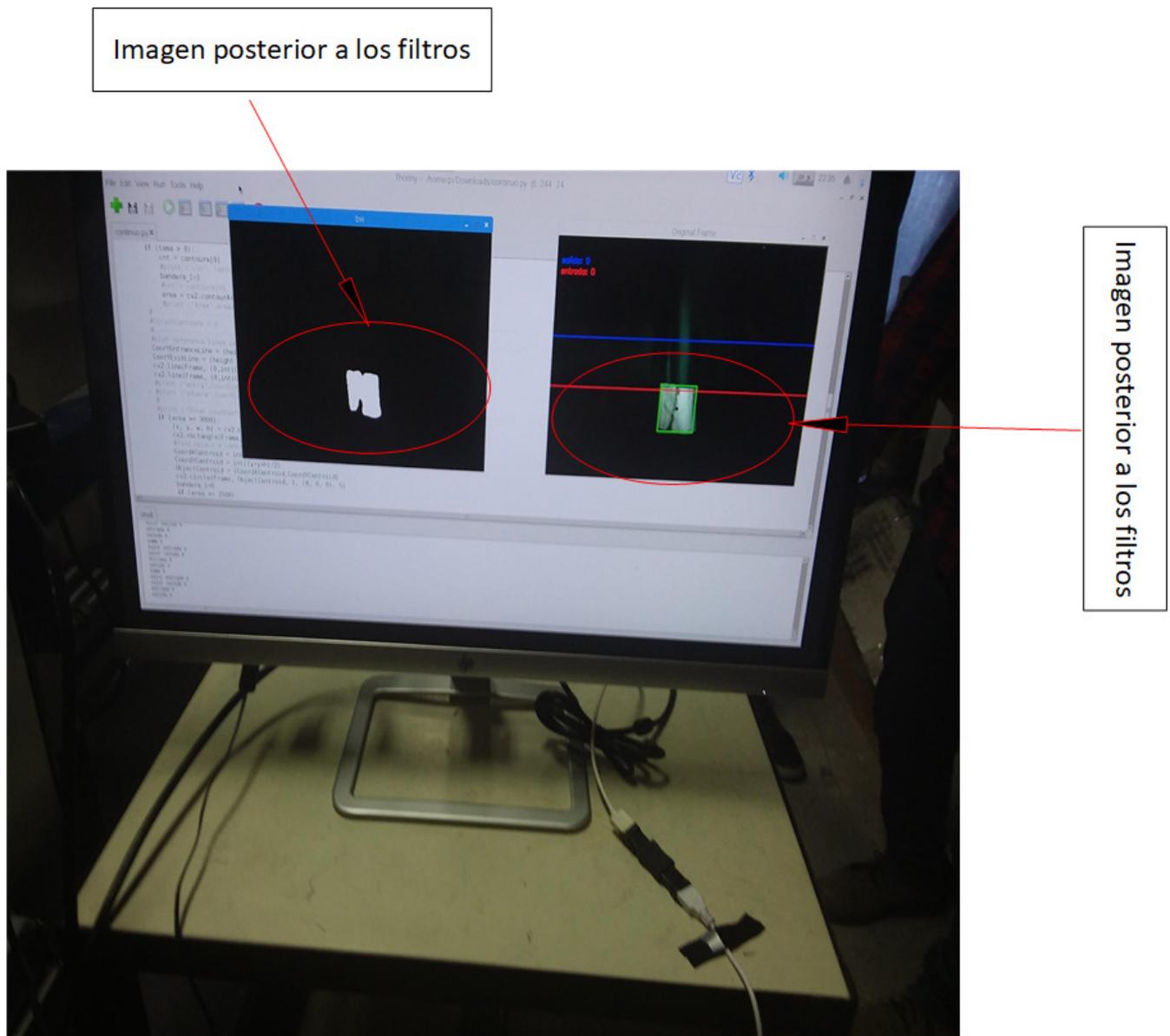


Figura 9.2: Interfaz final.

En la Figura [?] se puede apreciar el sistema funcionando, podemos observar que las imágenes son de muy buena calidad y que sin problemas detecta las marcas blancas.

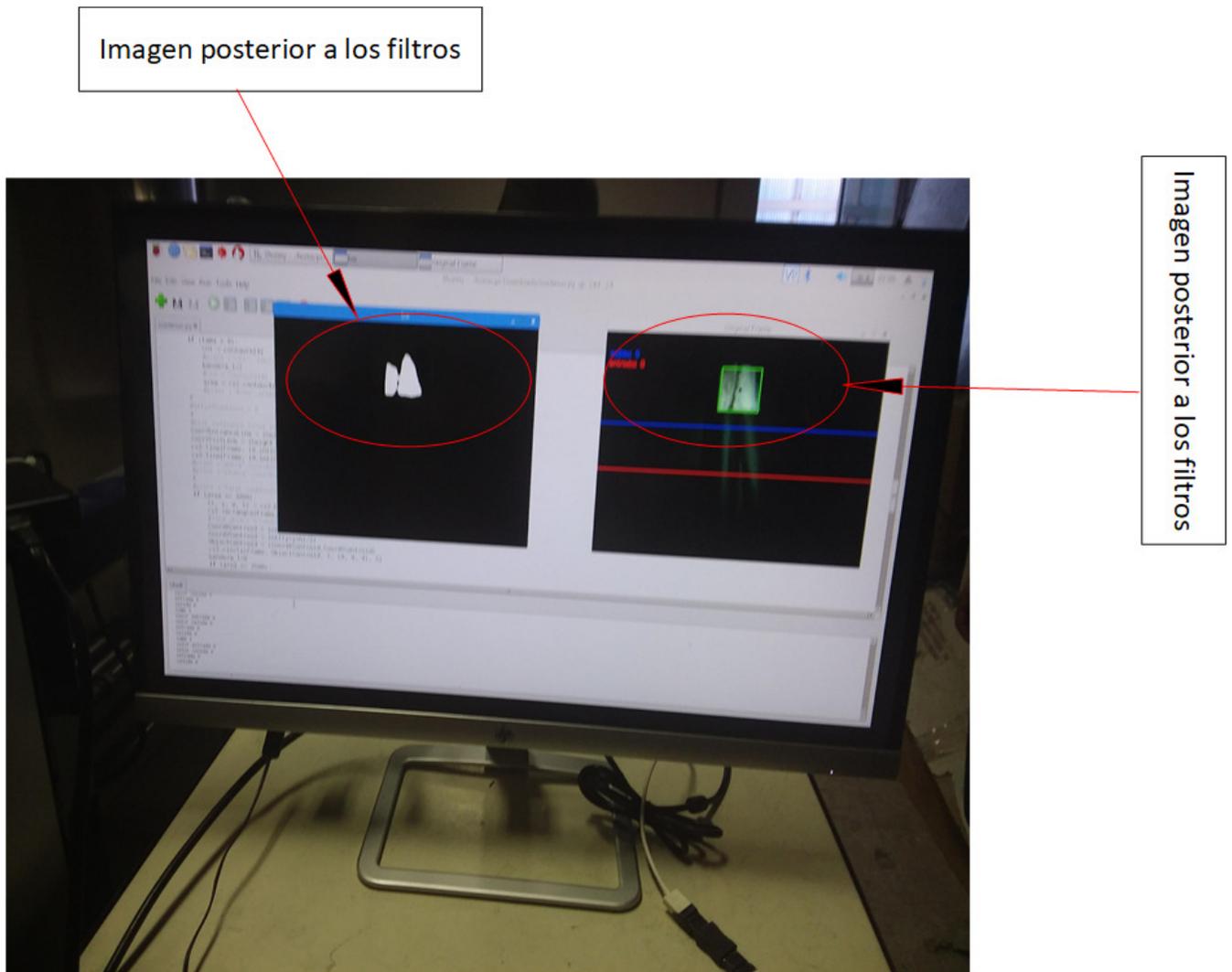


Figura 9.3: Interfaz final.

También obtuvimos un interfaz desarrollada en labview, la cual compara las medidas que obtienen el sensor óptico y la cámara, en la figura podemos apreciar el sistema y muestra como es que compara el *MSP* y la *Raspberry* cada uno con su respectivo sensor, y el avance del cable se representa como un indicador verde. En la figura 9.4 podemos apreciar que en la sección de *Labview raspb* y *MSP* coincide, teniendo en cuenta que cada uno de estos valores se optimizan de sensores diferentes.

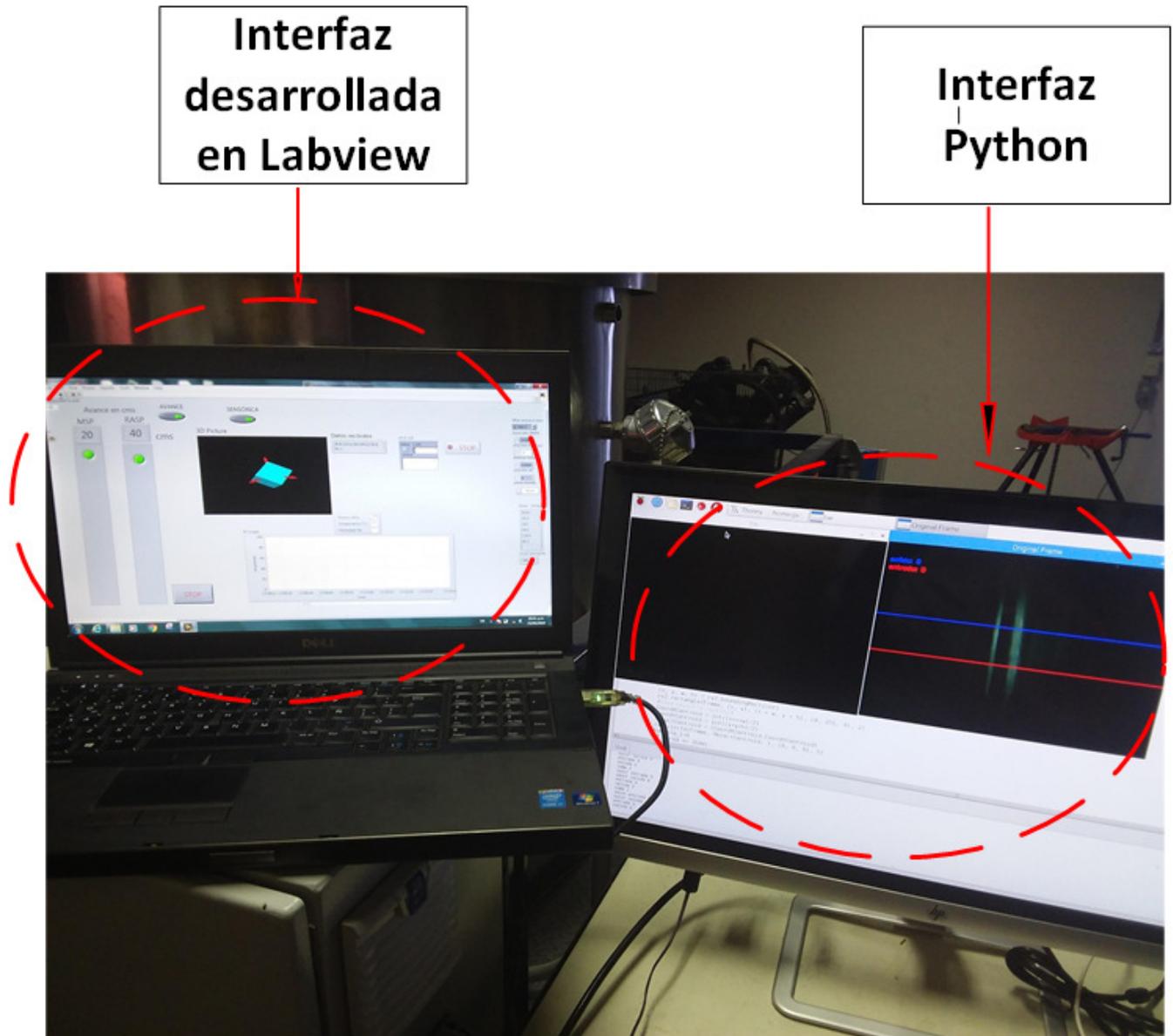


Figura 9.4: Interfaz final Labview y Python.

Capítulo 10

Conclusión

Con el desarrollo de nuevas tecnologías y el avance de estas, la migración de sistemas para mejorar su desempeño es una buena practica,al implementar un odometro por visión por computadora da apertura una amplia cantidad de ventajas, ya que al usar sistemas de visión se presta para futuros proyectos usando inteligencia artificial, esto representa una gran ventaja ya que es hacia donde tiende la tecnología, hacer sistemas autónomos y confiables. Un área de oportunidad podría ser aprovechar la cámara para identificación automática de anomalías en el cable [1].

Bibliografía

- [1] Cristina Ariadna Jimenez Pariente. *ANALISIS DE FALLOS DE PARQUES EOLICOS*.
- [2] G. S. H. PATRICIO. f. "https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1560/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-004."
- [3] Infoagro. *Puerto Serial: protocolo y su teoría*. https://www.paraninfo.mx/catalogo/9788428333153/uf0216—programacion—organizacion-y-supervision-del-aprovisionamiento-y-montaje-de-instalaciones-de-energia-eolica.2017.
- [4] Trabver *Reparacion de palas eolicas*. "http://www.trabver.com/reparacion-palas-aerogeneradores-trabajos-verticales-valencia.htm"2016.
- [5] Trabver *La compania suiza Sulzer Schmid anuncia el lanzamiento de una nueva plataforma de inspeccion de pala eolicas usando Drones*. "https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-oil-gas/84-news-oil-gas-i-d-i/1935-la-compania-suiza-sulzer-schmid-anuncia-el-lanzamiento-de-una-nueva-plataforma-de-inspeccion-de-pala-eolicas-usando-drones."2019.
- [6] rancisco Andres Candelas Herias. f. *Comunicacion con RS-485 y MODBUS*. "2011.
- [7] Trabver *Reparacion de palas de cualquier tecnologia con cuerda/rapel, cesta*. https://www.sparesinmotion.com/es/reparaciones/palas/blade-repair20[C39Altimo20acceso:20162008202019].2018.
- [8] Luis Romero Lozano *Puerto Serial: protocolo y su teoría* https://www.paraninfo.mx/catalogo/9788428333153/uf0216—programacion—organizacion-y-supervision-del-aprovisionamiento-y-montaje-de-instalaciones-de-energia-eolica/.2019
- [9] c. Jomdecha, A Prateepasen *Design of modified electromagnetic main-flux for steel wire inspection*.2007.

- [10] Santa Ana; Swan A. Sie *DELECTRICAL PHASE MEASUREMENT MEANS AND METHOD FOR ACCURATE DETERMINATION OF WELL LOGGING CABLE LENGTH*.1989.
- [11] Alberto Vallan and Filippo Molinari *A Vision-Based Technique for Lay Length Measurement of Metallic Wire Ropes*.2009.
- [12] Davis L. Willis *INTERFEROMETRIC MEANS AND METHOD FOR ACCURATE DETERMINATION OF FIBER-OPTC WELL ILOGGING CABLE LENGTH*.1988.
- [13] John T. Pryor *SYSTEM FOR DETERMINING THE DEPLOYED LENGTH OF A FLEXIBLE TENSION ELEMENT*.2001.