

**IMPLEMENTACION EN TARJETA RASPBERRY DE TECNICAS
COMPUTACIONALES VINCULADAS CON EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES MÉDICAS**

ROBERTO CARLOS LIZARAZO BAYONA

JOSE LUIS PUERTO CARO

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

**IMPLEMENTACION EN TARJETA RASPBERRY DE TECNICAS
COMPUTACIONALES VINCULADAS CON EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES MÉDICAS**

ROBERTO CARLOS LIZARAZO BAYONA

JOSE LUIS PUERTO CARO

Trabajo de investigación presentado en la asignatura Formación Investigativa III

FRANK SÁENZ

TUTOR

**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
SAN JOSÉ DE CÚCUTA**

2018

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| LISTA DE ABREVIATURAS | 6 |
| IMPLEMENTACION EN TARJETA RASPBERRY DE TECNICAS COMPUTACIONALES VINCULADAS CON EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MÈDICAS..... | |
| 8 | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| CAPITULO 1. EL PROBLEMA | 9 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 9 |
| 1.2. Formulación del Problema | 10 |
| 1.3. Delimitación..... | 11 |
| 1.3.1. Espacial | 11 |
| 1.3.2. Temporal | 11 |
| 1.4. Justificación | 11 |
| 1.5. Objetivos | 13 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 1.5.1. | Objetivo General | 13 |
| 1.5.2. | Objetivos específicos..... | 13 |
| CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL | | 13 |
| 2.1. | Antecedentes | 13 |
| 2.2. | Marco Teórico | 19 |
| 2.3. | Marco conceptual..... | 23 |
| CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO..... | | 25 |
| 3.1. | Paradigma | 25 |
| 3.2. | Enfoque..... | 26 |
| 3.3. | Nivel de la investigación | 27 |
| 3.4. | Diseño de la investigación | 27 |
| 3.5. | Población y muestra | 28 |
| 3.6. | Recolección de información | 28 |
| 3.7. | Descripción de la base de datos | 28 |
| 3.8. | Fases de la investigación | 29 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS..... | | 30 |
| 4.1. | Estudiar los métodos de filtrado enfocado en la detección de bordes y ruido. | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2. Configurar la tarjeta raspberry pi 3 para la compilación cruzada usando herramientas enfocadas para esto como un toolchain (cadena herramientas). | 47 |
| 4.3. Aplicar técnicas computacionales enfocadas en el procesamiento digital de imágenes médicas por medio de una interfaz en plataforma raspberry pi 3. | 51 |
| CONCLUSIONES..... | 58 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 59 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-------|
| Figure 1:Visión integradas de las principales modalidades de Imagenológica médica | ..... |
| Figure 2:raspberry pi (propia) | ..... |
| Figure 3:Herramienta VolView, captura de pantalla: | ..... |
| Figure 4:opencv logo | ..... |
| Figure 5:ecuacion trasformada de Fourier | ..... |
| Figure 6:Matriz filtro de media | ..... |
| Figure 7:diferentes filtros de media | ..... |
| Figure 8:ecuación filtro gaussiano | ..... |
| Figure 9:ecuación filtro de bordes | ..... |
| Figure 10:diagrama de bloques filtro gaussiano | ..... |
| Figure 11:filtro bordes canny comparación | ..... |
| Figure 12:instalar sistema debian en raspberry con win32disk | ..... |
| Figure 13:configuración raspberry pi | ..... |
| Figure 14 y10:instalación drivers de la pantalla y activación ven | ..... |
| Figure 15:toolchain | ..... |
| Figure 16:instalación librerías OpenCV y Cmake por ssh | ..... |
| Figure 17:logos Visual Studio 2017, Visualgdb, QT Creator 5.0 | ..... |
| Figure 18:diseño pantalla1:abrir | ..... |
| Figure 19:diseño pantalla1:salir | ..... |
| Figure 20:diseño pantalla2:abrir imagen | ..... |
| Figure 21:diseño pantalla2:salir | ..... |
| Figure 22:diseño pantalla2:filtro gaussiano | ..... |
| Figure 23:diseño pantalla2:filtro bordes canny | ..... |
| Figure 24:diseño pantalla2:salir | ..... |
| Figure 25:interfaz funcionando pantalla 2 imagen cargada | ..... |
| Figure 26:interfaz funcionando pantalla 1 | ..... |
| Figure 27:interfaz funcionando pantalla 2 filtro detección de bordes canny | ..... |
| Figure 28:interfaz funcionando pantalla 2 filtro gaussiano | ..... |

LISTA DE ABREVIATURAS

GUI Interfaz Gráfica De Usuario

| | |
|--------|---|
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| CT | Tomografía Computarizada |
| MRI | Imágenes Por Resonancia Magnética |
| PET | Tomografía Por Emisión De Positrones |
| FDG | Fluorodesoxiglucosa es un análogo de la glucosa |
| ROI | Región De Interés |
| TI | Tecnología De La Información |
| SBC | Single Board Computer |
| SoC | System on a Chip |
| OpenCV | Open Source Computer Vision Library |
| HCI | Interacción hombre-máquina |
| SFM | Estructura del movimiento |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| CVPR | Conference on Computer Vision and Pattern Recognition |
| BSD | Software Libre |
| PDI | Procesamiento Digital De Imágenes |
| PICSL | Penn Image Computing & Science Lab |
| SCI | Scientific Computing y Imaging Institute |
| DICOM | Digital Imaging and Communication in Medicine |
| IPO | Interacción Persona – Ordenador |

**IMPLEMENTACION EN TARJETA RASPBERRY DE TECNICAS
COMPUTACIONALES VINCULADAS CON EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES
MÈDICAS
INTRODUCCIÓN**

La presente investigación, propone la implementación de técnicas computacionales de procesamiento digital de imágenes en plataforma raspberry pi enfocada a imágenes médicas.

La asociación y exuberante utilización de la tecnología en ámbitos médicos ha sido un proceso progresivo. Una de las maneras de convencer a la comunidad médica internacional para que utilicen aplicativos computacionales pasa por una parte por la obtención de resultados automáticos comparables con los que se forman en la rutina clínica y, por la forma como los mencionados aplicativos se presenta.

Un mecanismo seguro que permite mostrar resultados logrados, a la hora de utilizar técnicas de procesamiento digital de imágenes médicas lo constituyen las interfaces gráficas de usuario (GUI). Desafortunadamente, la mayoría de GUI orientadas al procesamiento digital de imágenes tiene como elemento característico que son altamente costosas y/o requieren del pago de licencias para su desarrollo y/o usabilidad además de ser orientadas a plataformas de escritorio y no móviles. Por lo expuesto anteriormente, en el presente macro proyecto es agregar fundamentos de innovación respecto a que se permita generar una forma más económica y portable de aplicar las técnicas de procesamiento digital de imágenes, librerías basadas en software libre, para implantar resultados altamente ordenados con los creados por los diferentes profesionales en su rutina profesional.

CAPITULO 1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la práctica médica se realizan muchos procedimientos en los cuales son usadas diferentes técnicas como el fluoroscopio, las imágenes de resonancia magnética, la medicina nuclear, la gamma cámara, la tomografía, la radiografía. Estas técnicas generan imágenes médicas que en un principio son difíciles de analizar a simple vista y dificulta la obtención de información,

Las principales modalidades que se utilizan, en el contexto médico, para generar imágenes de casi cualquier órgano del cuerpo humano son: Ultrasonido, Resonancia Magnética, Tomografía computarizada clásica (CT) y multicapa, Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y Tomografía por Emisión de Fotones Simples (SPECT). Una descripción detallada de todas estas modalidades puede ser consultadas en el artículo de (Huérfano *et al.* 2016).

Uno de los problemas que se presenta en las imágenes, sin importar la modalidad imagen lógica utilizada, es el ruido. El ruido, parafraseando a Primak (2006), es una distorsión que se presenta en la información que compone cada uno de los objetos que conforman la escena de una imagen y puede deberse a diversos factores. En particular, si la modalidad es tomografía computarizada multicapa el ruido se ha identificado como ruido Poisson el cual es un tipo de ruido que se genera debido a la utilización de rayos X para generar la imagen (Primak, 2006).

Otro grave problema o imperfección que poseen las imágenes médicas de MSCT es la aparición de artefactos los cuales afectan la calidad de la información que contiene una imagen. En MSCT, los artefactos, que pueden ser consideradas como distorsiones que modifican la

morfología de los objetos que conforman las escenas que conforman una imagen (Bastarrika, 2004). Los artefactos que, frecuentemente, se observan en las imágenes médicas de MSCT son: a) Artefacto Escalera y b) Artefacto Banda Oscura (Vera, 2014).

Finalmente, la ausencia de contraste en imágenes de MSCT constituye un gran reto al momento de intentar la segmentación de cualquier estructura. De acuerdo con Vera (2014), la ausencia de contraste es la incapacidad de diferenciar estructuras en una imagen debido a la altísima similitud en la intensidad de los niveles de gris que conforman objetos adyacentes en una imagen.

Todos los problemas mencionados afectan la calidad de las imágenes médicas y es por ello que, mediante la presente investigación se propone la implementación de técnicas de procesamiento digital de imágenes médicas en plataforma raspberry pi que permita abordar el problema de los artefactos (Escalera + Banda Oscura) y el ruido Poissoniano presente en las imágenes médicas.

Para la implementación se tiene previsto utilizar, computacionalmente, un filtro Gaussiano que de acuerdo con Meijering (2000) es una técnica de filtrado espacial lineal que tiene por finalidad introducir el suavizamiento de la información contenida en las imágenes con el propósito de elevar su calidad además de un filtro de detección de bordes.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo realizar la implementación de técnicas computacionales vinculadas al procesamiento de imágenes digitales médicas en tarjetas raspberry pi?

1.3. Delimitación

1.3.1. Espacial

La base de datos fue suministrada por la Universidad de Pamplona.

1.3.2. Temporal

La delimitación temporal para el trabajo de investigación formativa y del problema, anteriormente, planteado será de tres semestres universitarios consecutivos los cuales deben cubrir el lapso comprendido entre agosto de 2017 y noviembre de 2018.

1.4. Justificación

Como se indicó en el planteamiento del problema, la calidad de las imágenes se ve afectada por la presencia de ciertas imperfecciones o problemas asociados a la modalidad imagenológica considerada. La realización de la presente investigación se justifica desde el punto de vista técnico ya que la implementación de técnicas de procesamiento puede contribuir a la etapa de pre-procesamiento que acondicione, adecuadamente, las imágenes.

El pre-procesamiento es una etapa preliminar vital para luego proceder a desarrollar procesos de segmentación de cualquier estructura vinculada con el cuerpo humano, presente en imágenes médicas .

En la rutina clínica, contar con herramientas computacionales, tales como interfaces gráficas de usuarios, puede contribuir a elevar la calidad de las imágenes médicas y, por tanto, pueden ser útiles para la planificación de cirugías y de procedimientos quirúrgicos

Por estas razones, mediante esta investigación se presenta una exploración de los diversos métodos utilizados para la detección de lesiones. Adicionalmente, se presenta una

aproximación al problema de segmentación y se analizan los fundamentos teóricos de los métodos de segmentación más utilizados en el área médica.

Por esto incurrir en técnicas de procesamiento que permita al profesional de la salud mejorar la visualización de las imágenes, tanto como reducir los tiempos en que pueda hacer el diagnóstico al paciente teniendo como fin de mejorar la calidad de la imagen, supone comodidad, rapidez y seguridad para el mundo de la medicina. Si las técnicas computacionales es un espacio de comunicación entre el sistema (Cuerpo humano) y el usuario (médicos), y si la comunicación es un proceso que implica la generación de un código común para hacer posible el proceso de transmisión (Imagen) y, finalmente, se tiene en cuenta que el sistema y el usuario utilizan dos lenguajes diferentes. Entonces la interfaz tiene que recurrir irremediablemente a la metáfora para poder traducir el lenguaje complejo del sistema al lenguaje conocido del usuario y generar un código común que permita la comunicación. La interfaz como área de comunicación se convierte así misma en dispositivo metafórico. Esta definición es una de las más difundidas, (Scolari, 2004).

Al capturar imágenes siempre se pueden encontrar con ruidos o imperfecciones en los píxeles que descienden verdídicamente toda su calidad, observándose borrosas o poco nítidas. Es por esto que existen numerosas técnicas utilizadas para su optimización y mejoramiento, una de estas técnicas son los filtros, una imagen (Arias, Losada, Moreno, & Bravo, 2009) “en el dominio de la frecuencia o en el dominio del espacio. Los filtros en el dominio de la frecuencia se usan, principalmente, para eliminar altas o bajas frecuencias de la imagen, lo que se traduce en suavizar la imagen, o bien, realzar o detectar bordes.”

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar en tarjeta raspberry técnicas computacionales vinculadas con el procesamiento digital de imágenes médicas

1.5.2. Objetivos específicos

1. Estudiar las técnicas de filtrado enfocado en la detección de bordes y el suavizado de la imagen.
2. Configurar la tarjeta raspberry pi 3 para la compilación cruzada usando herramientas enfocadas para esto.
3. Aplicar técnicas computacionales enfocadas de procesamiento digital de imágenes médicas por medio de una interfaz en plataforma raspberry pi 3.

CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

(S, 2015) aplica un proceso de ingeniería inversa, haciendo uso de la herramienta QT Developer, mediante el cual identificó los objetos claves en el procesamiento de una interface gráfica de usuario con potencialidades para la edición de pipelines, que permitirá la validación de los objetos identificados y sus interacciones. El propósito del trabajo descrito es brindar un medio para la creación de nuevos algoritmos de procesamiento sin necesidad de un conocimiento experto sobre programación. Indudablemente, este antecedente es de vital

importancia para el presente trabajo debido a que está fuertemente vinculado con la temática que en él se desarrolla.

(Jaramillo, 2013) Análisis y procesamiento digital de imágenes de satélite GOES para verificar en tiempo real los modelos de pronósticos de tiempo implementados en el IDEAM, d. g., & torres, c. a. Departamento de sistemas e informática, grupo de investigación y desarrollo de ingeniería de software (GIDIS). Municipio de San José de Cúcuta, desarrollaron una herramienta para la construcción ágil de interfaces gráficas de usuario usando programación reflexiva; un apoyo en la elaboración del material didáctico en el área de programación de computadores. Con el conocimiento previo que la interfaz gráfica de usuario es el artefacto tecnológico que permite la representación visual entre el sistema computacional y el usuario, el presente proyecto desarrolla un generador de interfaces haciendo uso de técnicas de programación reflexiva, las cuales mediante una lectura del modelo establecido por el docente es capaz de representar de manera gráfica la relación de interacción del modelo con el usuario.

Proponen una herramienta bajo el lenguaje java que a través de la técnica de la reflexión permite generar interfaces gráficas que relacionan elementos del mundo del problema analizado, a su vez disminuye los tiempos de construcción de interfaces gráficas ya que automatiza procesos rutinarios de definiciones de propiedades de igual forma ofrece la posibilidad de serialización de los archivos analizados con el fin de almacenarlos y reutilizarlos en trabajos posteriores.

En este artículo se describe el proceso por el cual se desarrolló e implementó la herramienta Cuatro el cual se basa en programación reflexiva y en el lenguaje orientado a

objetos Java, minimizando la configuración de los controles utilizados en el desarrollo de las interfaces gráficas y automatizando parte de la interacción de las clases del modelo.

El aporte del presente trabajo se convierte en una herramienta de apoyo en el sentido que le permite la formulación de ejercicios de manera práctica y rápida ayudándole en la construcción de interfaces graficas permitiendo de esta manera que el usuario interactué de manera ágil con un modelo o problema planteado.

(RUIZ, 2016) Procesamiento de imágenes para la clasificación de café verde. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana. El objetivo de este trabajo de grado es desarrollar un algoritmo para la detección de defectos en café verde mediante el procesamiento de imágenes. En este documento, se encuentra consignado el proceso para la obtención de dicho algoritmo, el trasfondo matemático de las funciones implementadas ya sea en MATLAB o con las librerías de OpenCV, aporta a la investigación conocer el cómo se tomaron las fotografías y sugerencias para un futuro escalamiento de este proyecto, todo lo anterior enfocado en lograr un posible prototipo final de bajo costo. Proponen que hay distintos métodos para lograr el procesamiento de una imagen dependiendo de la manera de adquisición: análoga o digital. Los métodos de procesamiento basados en la adquisición digital a diferencia de la análoga se concentran en el desarrollo de algoritmos computacionales para la obtención de información o el uso de diferentes herramientas diseñadas para este fin (ej. edición de imágenes). Usualmente un sistema de procesamiento de imágenes contiene los siguientes elementos: adquisición, almacenamiento, comunicación, procesamiento, y despliegue.

(AGUDELO, 2016) Programa de procesamiento de imágenes adquiridas por medio del sensor kinect para determinar la posibilidad una víctima en determinada zona. Universidad Distrital. Bogotá D.C. El grupo de investigación ROMA de la Universidad Distrital trabaja en el desarrollo de varias plataformas robóticas, sistemas sensoricos, muchos algoritmos de planificación de movimientos y tareas, el grupo de investigación orienta sus principales actividades de investigación en el estudio de la robótica de servicio y todo lo que ello implica para el mejoramiento de la sociedad, conservar la vida natural (vida humana/animal/vegetal) del Distrito Capital y toda la ciudad-región. Para ello, el grupo de investigación plantea dentro de sus actividades de investigación procesos de formación de investigadores, formulación y ejecución de proyectos de investigación, apropiación social del conocimiento y transferencia de resultados a la sociedad en general y la industria en particular. El grupo trabaja con robots para búsqueda y rescate de víctimas, para ello es muy importante la visión artificial del robot que es muy limitada con una cámara convencional, la propuesta de investigación e innovación contempla el estudio del comportamiento del Sensor Kinect de Microsoft proyectado a usarse para la detección de victimas en zonas de desastre. El proyecto de investigación en innovación se desarrolló con un plan de trabajo el cual contempla tareas o actividades orientadas a objetivos que se irán trabajando desde el más básico hasta el más complejo. Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con todo el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera, adicionalmente toda la

información consultada de internet. El resultado principal será un programa que use la adquisición de imágenes por medio del Sensor de Kinect que procese e identifique si en estas imágenes hay una probable víctima. El Indicador del resultado será la capacidad del programa junto al sensor para detectar posibles víctimas humanas en las imágenes capturadas teniendo en cuenta las limitaciones tanto del sensor como las de la capacidad de procesamiento. La propuesta de este trabajo de grado contribuye al trabajo interdisciplinario entre el campo de la medicina y la ingeniería de sistemas dado que la visualización de imágenes médicas permite un diagnóstico más preciso de enfermedades.

(Pérez, 2016) Desarrollo de algoritmos de procesamiento de imagen Universidad de País Vasco, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. La imagen médica se ha convertido en los últimos años en una potente herramienta de ayuda al diagnóstico. Gracias a los avanzados escáneres y software de reconstrucción de imágenes disponibles es posible la identificación de distintos órganos y tejidos, así como la obtención de datos que ayuden a caracterizar y cuantificar las patologías. Los radiólogos son los responsables del uso e interpretación de dichas imágenes y demandan herramientas que les permitan localizar órganos y tejidos con mayor precisión y rapidez, así como la identificación y caracterización cuantitativa de las patologías presentes en ellos, con el fin de realizar un diagnóstico preciso. Por otra parte, el cáncer de hígado es una de las principales causas de muerte por cáncer en todo el mundo. Las técnicas invasivas utilizadas para su diagnóstico, tales como biopsias quirúrgicas, a veces pueden ser reemplazadas por técnicas no invasivas con imagen médica como la tomografía axial computarizada (TAC o CT, en sus siglas en inglés) y la resonancia

magnética (RM o MRI, en inglés), con claros beneficios para el paciente. Con el fin de ayudar a los radiólogos y cirujanos en una planificación fiable de la intervención, son necesarios nuevos métodos y herramientas para localizar y segmentar adecuadamente el órgano de interés y las patologías presentes. La segmentación (delimitación) automática del hígado es un problema complejo. Se han alcanzado resultados parciales principalmente sobre imágenes obtenidas mediante CT. La técnica de MRI ofrece mayor información para fines de diagnóstico. Sin embargo, la segmentación del hígado en imágenes de MRI representa un desafío debido a la presencia de artefactos característicos de dicha tecnología de adquisición, como es el caso de los volúmenes parciales, el ruido, y en general, la baja nitidez y el escaso contraste existente entre órganos, de manera que el límite entre los diferentes tejidos suele ser confuso. Existen menos desarrollos sobre imágenes de MRI, aunque éstos han ido en aumento progresivo en los últimos años. En este trabajo, se presenta un nuevo método para la segmentación automática de hígado sobre imagen multicanal obtenida mediante resonancia magnética. El método propuesto consiste en la minimización de una superficie activa 3D mediante la aproximación dual a la formulación variacional subyacente del problema. Esta superficie activa evoluciona sobre un mapa de probabilidad que se basa en un nuevo descriptor compacto propuesto que contiene la información espacial y multisequencia de cada píxel con relación a un modelo estadístico multivariable de hígado generado previamente. Esta superficie activa 3D integra de manera natural la regularización volumétrica. El descriptor visual compacto junto con el enfoque propuesto constituye un método de segmentación 3D rápido y preciso. El método fue probado en 18 estudios de hígado sano y los resultados se compararon con una segmentación de referencia realizada por expertos radiólogos. Las comparaciones con otros métodos del estado

del arte se realizan mediante la obtención de 9 métricas establecidas. Los resultados obtenidos son comparables, incluso mejores en algunos casos, a los de otras técnicas del estado del arte.

2.2. Marco Teórico

Mediante la figura se presenta las modalidades de imagenología de mayor uso en el contexto clínico para el diagnóstico y monitoreo de patologías vinculadas con los órganos del cuerpo humano. En atención a ella, se describe a continuación tales modalidades.

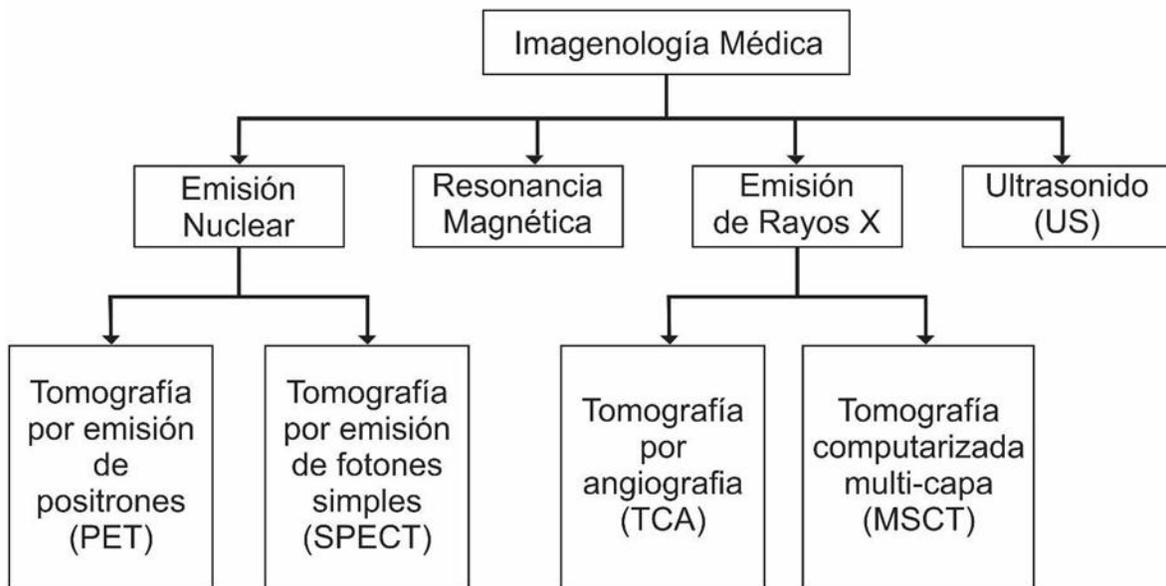


Figure 1: Visión integradas de las principales modalidades de Imagenológica médica .

Gui Bonsepie menciona que existe un agente social que quiere cumplir una acción, la cual en si seria una tarea porque hay un objeto particular involucrado, entonces el usuario necesita un artefacto para llevar a cabo la tarea, el proceso anterior puede ser visto como un conjunto o unidad compuesta por los 3 elementos heterogéneos: el usuario, el objeto, la acción

o el artefacto, según el autor, la conexión de estos 3 elementos solo puede ocurrir por medio de una interfaz, es decir, la interfaz no es un objeto sino un espacio en el cual ocurre la interacción entre el humano, la herramienta y el objeto de la acción (Bonsepie, 1998)

Usabilidad

En la actualidad los ordenadores y sus aplicativos generan una cierta complejidad lo cual ha obligado al hombre a desarrollar su usabilidad y extenderla por todo el campo de acción de la IPO (Interacción Persona – Ordenador). El campo de la ingeniería de usabilidad es multidisciplinar, se constituye primeramente de la informática y del diseño industrial, pero se compagina con diferentes ciencias como la sociología, antropología, lingüística y psicología, dándole una tendencia holística multidisciplinar.

La usabilidad trata los procesos que permiten el planteamiento y diseño de test de usabilidad con el propósito de garantizar la calidad del producto final. Asociados a estos procesos están sus métodos de aplicación, los que se caracterizan por su formalidad o informalidad (Rosebaum, 1989; Grice y Ridgway, 1989; Rubin. 1994; Nielsen y Mack, 1994).

Nielsen y Mack (1994) han presentado diferentes métodos de inspección de usabilidad alternativos a los ya existentes y formales de test de usabilidad, tales como la evaluación heurística, el seguimiento cognitivo, la inspección de características, la inspección de consistencia y la inspección de estándares.

Según lo anterior todo se torna a favorecer al usuario principalmente y a suplir las necesidades por medio de la interacción y desarrollo de las capacidades del humano, por eso, se debe acudir a Donal Norman (1982) quien estableció unos principios que deberían contener los

productos usables, como, por ejemplo: hacer las cosas visibles, sencillez en la evaluación del sistema y la correspondencia entre acción-resultado, intención y acción.

Enfoque en el Usuario.

diversos autores concuerdan y destacan, que el diseño de sistemas interactivos implica realizar un diseño pensando en el usuario, centrando nuestro sistema de desarrollo en él e implicarlo tanto como sea posible, hasta pensar en incluir usuarios en el equipo de diseño. Actualmente es fácil encontrar implantaciones de sistemas de información en que los usuarios están totalmente integrados dentro del equipo de diseño. Por ejemplo, los ya muy conocidos ERP, sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés, enterprise resource planning), cuando se adaptan a una empresa suelen necesitar de la interacción con los usuarios finales de la aplicación. Muchas veces está presente la negativa de algunos empleados de algunas empresas en colaborar. Los estudios actuales informan que esta poca predisposición a ayudar en su implantación es debido a la poca adaptabilidad del ser humano a los cambios drásticos. Así pues, el usuario final de la aplicación ya sea de modo consciente o inconsciente, tiene miedo al nuevo sistema, a las nuevas reestructuraciones del departamento que se pueden llegar a realizar, a que el sistema reduzca el trabajo a realizar por los empleados y por tanto sean necesarios los despidos o las jubilaciones anticipadas, etc.

Shneiderman (1980) propone que los usuarios poseen un conocimiento sintáctico y semántico del dominio del problema y de los mecanismos de interacción. En este conocimiento se almacenan detalles de los dispositivos (tipos, modo de uso), conocimientos semánticos sobre

las actividades y conceptos del ordenador. Este conocimiento se estructura mediante una colección de objetos que componen el sistema (cursor, icono, ventana) y de las acciones que se pueden llevar a cabo sobre cada uno de esos objetos (mover, cambiar, redimensionar, etc.).

Pre procesamiento de Imágenes

El procedimiento normal, para este tipo de proceso, se basa en 3 niveles de operación (captura y mejora de la imagen; selección y segmentación de la información contenida, o de interés, y cuantificación de las fases discriminadas) esto contiene diferentes tipos de algoritmos, pero del mismo nivel, decidiéndose la secuencia de aplicación con relación al tipo de imagen de partida y la información que deseemos extraer. Ello implica obligatoriamente que los algoritmos ejecutados que pueden ser válidos para una imagen e información a buscar pueden resultar ineficaces si se modifican las propiedades base o cambian los parámetros de partida (Angel, M^a. C., Martínez, B., Prendes, N. & Rodríguez, F. 1995).

El ruido en imágenes digitales se manifiesta en píxeles que presentan niveles de brillo o color aleatoriamente distintos a los de sus vecinos; y se eliminan aplicando filtros a las imágenes. En consecuencia, se suele entender el filtrado de imágenes como un proceso previo a la segmentación. En esencia, un filtrado es la transformación de una señal de entrada, para producir una señal de salida; y muy íntimamente ligado al concepto de señal, está el concepto de frecuencia. En lo que a frecuencia se refiere, solemos estar más familiarizados con el concepto de frecuencia temporal, pero si entendemos las imágenes como señales, debemos trabajar con otra frecuencia: la frecuencia espacial. De una señal temporal periódica, decimos

que tiene alta frecuencia temporal, cuando altera periódicamente su valor de amplitud en un corto periodo de tiempo; pero de una imagen, diremos que tiene alta frecuencia espacial, cuando altere rápidamente el valor de los niveles de intensidad de píxel, o de los niveles de gris, en un intervalo espacial pequeño. En contraposición, las imágenes de baja frecuencia espacial, alteran su nivel de gris más lentamente, y los cambios se producen de forma algo más gradual. (A., Sánchez, H., Palancarejo, A., Lozano,2015)

2.3. Marco conceptual

Raspberry Pi es un SBC (Single Board Computer) inicialmente ideado para promover la educación de las tecnologías de información en Reino Unido. Se trata de un sistema compuesto por el SoC (System on a Chip) Chipset Broadcom a 1.2 GHz con procesador ARM Cortex-A53 de 64 bits y cuatro núcleos y Coprocesador multimedia de doble núcleo Videocore IV a 400Mhz que tiene implementado OpenGL ES 2.0 entre otras características. Dispone de 1



GB LPDDR2 de memoria principal. (D., Rubio,2013)

La herramienta VolView (Will Schroeder, 1998) un sistema abierto, intuitivo e interactivo para la visualización de volúmenes que permite a los investigadores explorar y analizar datos médicos o científicos complejos en 3D en computadoras con Windows, Mac y Linux. Los usuarios pueden cargar fácilmente y explorar interactivamente los conjuntos de datos utilizando herramientas y métodos de visualización en 2D y 3D. Las herramientas 3D

Figure 2:raspberry pi (propia)

incluyen renderizado de volumen, proyecciones de intensidad máxima y reformato oblicuo. La capacidad de guardar una sesión de visualización completa permite a los usuarios detener e iniciar fácilmente las sesiones.

Los usuarios avanzados pueden realizar un procesamiento de datos personalizado utilizando una API (Application Programming Interface por sus siglas en inglés o Interfaz de



Figure 3:Herramienta VolView, captura de pantalla:

programación de aplicaciones)

La librería OpenCV está dirigida fundamentalmente a la visión por computador en tiempo real. Entre sus muchas áreas de aplicación destacarían: interacción hombre-máquina (HCI); segmentación y reconocimiento de objetos; reconocimiento de gestos; seguimiento del movimiento; estructura del movimiento (SFM); y robots móviles.

El 13 de junio del 2000, Intel® Corporación anunció que estaba trabajando con un grupo de reconocidos investigadores en visión por computador para realizar una nueva librería de estructuras/funciones en lenguaje C. Esta librería proporcionaría un marco de trabajo de nivel medio-alto que ayudaría al personal docente e investigador a desarrollar nuevas formas de interactuar con los ordenadores. Este anuncio tuvo lugar en la apertura del IEEE Computer Society Conference on Computer Visión and Pattern Recognition (CVPR). Había nacido The

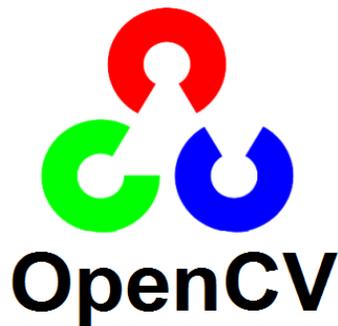


Figure 4:opencv logo

Open Computer Vision Library y lo hacía bajo licencia BSD (Software Libre) (V. M. Arévalo, J. González, G. Ambrosio, 2002).

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma

La presente investigación se enmarca en las ciencias formales en particular en la matemática aplicada al procesamiento de imágenes médicas ya que, se hace uso de una gran

cantidad de modelos matemáticos en los que se basan las técnicas de pre procesamiento y segmentación que se prevé utilizar. El paradigma de la investigación se considera positivista, para Ferreres, V y Gonzales, Á (2006:117), “el positivismo mantiene que todo conocimiento científico se basa sobre la experiencia de los sentidos sólo puede avanzarse mediante la observación y el experimento, asociados al método científico que busca una realidad con bases y fundamentos.

Para Kolakowski (1988) el positivismo es un conjunto de reglamentaciones que rigen el saber humano y que tiende a reservar el nombre de “ciencia” a las operaciones observables en la evolución de las ciencias modernas de la naturaleza. Durante su historia, dice este autor, el positivismo ha dirigido en particular sus críticas contra los desarrollos metafísicos de toda clase, por tanto, contra la reflexión que no puede fundar enteramente sus resultados sobre datos empíricos, o que formula sus juicios de modo que los datos empíricos no puedan nunca refutarlos, ya que, un elevado porcentaje de la investigación que se pretende desarrollar responde a una estructura algorítmica que va a manejar y arrojar datos cuantitativos, lo cual justifica que el paradigma de la investigación sea cuantitativo.

3.2. Enfoque

En el transcurso y realización del presente trabajo se utilizó un enfoque metodológico basado en métodos y técnicas cuantitativas en su totalidad, la metodología cuantitativa de acuerdo con Tamayo (2007), consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio, realizando un proceso deductivo, para Calduch (2012) El método deductivo permite

determinar las características de una realidad particular que se estudia por derivación o resultado de los atributos o enunciados contenidos en proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas con anterioridad. Mediante la deducción se derivan las consecuencias particulares o individuales de las inferencias o conclusiones generales aceptadas.

3.3. Nivel de la investigación

La investigación por desarrollar, según la profundidad es de tipo descriptivo, En este método se realiza una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, bien detallada y exhaustiva de la realidad que se estudia. El método descriptivo busca un conocimiento inicial de la realidad que se produce de la observación directa del investigador y del conocimiento que se obtiene mediante la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores. Se refiere a un método cuyo objetivo es exponer con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la realidad en estudio con los criterios establecidos por la academia. Calduch (2012).

3.4. Diseño de la investigación

Consiste en desarrollar una técnica para dar alternativa de solución a un problema real. Mientras que la investigación exploratoria se refiere a un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos. En muchos casos, los métodos cualitativos ponen a prueba la plausibilidad de los posibles enfoques cuantitativos. Esto implica que la investigación cualitativa es vista como una metodología 'exploratoria', el suministro de información previa a los métodos cuantitativos. Spanjaard & Freeman (2006),

En la presente investigación se usó también un tipo de investigación proyectiva. Según Hurtado (2000), “consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras”.

3.5. Población y muestra

Se trabajó con una base de datos de mixta con imágenes medicas de diferentes tipos

3.6. Recolección de información

La técnica utilizada para la recolección de la información es la revisión documental, Baena (1985) “la investigación documental es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información, “(p. 72). Garza (1988) presenta una definición más específica de la investigación documental. Este autor considera que esta técnica “...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información..., registros en forma de manuscritos e impresos,”.

3.7. Descripción de la base de datos

Se cuenta con 1 base de datos (DB) que contienen las imágenes de varias especialidades médicas en formato DICOM, las cuales fueron suministradas de la Universidad de Pamplona. Es importante señalar que, para el presente trabajo, los aspectos vinculados con población, muestra e instrumentos para la recolección de información no se manejan de la forma clásica, en la presente investigación esta situación se produce debido a que el personal que labora en los centros médicos son muy cautelosos y poco receptivos al solicitársele que compartan las

imágenes correspondientes a los pacientes que atienden alegando razones de diversa índole. Por esta misma razón no es necesaria, para la presente investigación, la construcción de la operacionalización de las variables del problema.

En este sentido, se tomó la decisión de hacer coincidir la población y la muestra las cuales quedan constituidas por 1 base de datos suministradas por los mencionados anteriormente.

Las imágenes fueron adquiridas con los diferentes métodos de captura de imágenes como son CT, MRI, PET, FDG correspondientes a 10 sujetos de diversos grupos etarios mezclados.

Por otra parte, es necesario informar que la elaboración y aplicación de instrumentos para la recolección de información no aplica, para la presente investigación, debido a que las bases de datos suministradas contienen toda la información relevante requerida para el desarrollo del trabajo previsto.

3.8.Fases de la investigación

Adicionalmente, se tiene que el desarrollo de la investigación se estructura en tres fases:

A. Fase de estudio de filtros

Etapas de desarrollo de la investigación en donde se consideran los diferentes filtros con el propósito de obtener un conocimiento más a fondo de las técnicas de filtrado que existen y permitir la correcta implementación de los filtros de bordes y gaussiano para dar solución a los problemas de ruidos y artefactos que son comunes en las imágenes médicas.

B. Fase de preparación de plataformas y Diseño del prototipo

En esta fase se realiza la preparación de las plataformas (Windows, Linux) por medio de una cadena de herramientas (toolchain) la cual permite realizar el proceso de compilación

cruzada para la óptima implementación de las técnicas computacionales vinculadas al procesamiento digital de imágenes además se realiza el diseño del prototipo para la implementación.

C. Fase implementación de filtros

Se identifican el lenguaje de programación y las librerías adicionales se aplica un proceso de filtraje basado en el suavizado gaussiano, además de un proceso de filtrado basado en el filtro de detección de bordes

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Estudiar los métodos de filtrado enfocado en la detección de bordes y ruido.

De acuerdo con Vera (2014), la importancia de este tipo de técnicas radica en el hecho que su utilización cuidadosa y sistemática puede mejorar sustancialmente la calidad de la información presente en una escena, modificando los atributos de las imágenes adquiridas por cualquiera de las modalidades de Imagenología.

Adicionalmente, en el área del procesamiento digital de imágenes médicas, se considera el uso de técnicas de pre-procesamiento como una etapa previa al proceso de segmentación de los órganos del cuerpo humano. En ese sentido, diversos investigadores han propuesto una serie de técnicas de pre-procesamiento tanto para mejorar las imperfecciones que poseen las mencionadas imágenes, como para aislar estructuras de interés con el propósito de facilitar la segmentación de ciertas estructuras anatómicas.

En ese sentido, Kelm et al. (2009), propone una técnica a de filtrado 2-D, basada en medias aritméticas no locales (non-local means), para mejorar la relación pico de la señal a ruido (PSNR) de la información presente en un phantom de CT en el cual se recrea el ruido Poissoniano que caracteriza las imágenes de tomografía computarizada. El filtro non-local means considera la redundancia de la información presente en una imagen para disminuir la cantidad de ruido que afecta la calidad de la imagen sometida a estudio. La técnica propuesta eleva el PSNR de las imágenes consideradas en, aproximadamente, 4 decibeles. No obstante, la principal desventaja de esta técnica es el alto tiempo de cómputo que se genera cuando se desea elevar, en un nivel significativo, el PSNR de una imagen.

Se trata de métodos para resaltar o suprimir, de forma selectiva, información contenida en una imagen a diferentes escalas espaciales, para destacar algunos elementos de la imagen, o también para ocultar valores anómalos. Otra técnica para aislar información correspondiente a diferentes escalas espaciales es la transformada de Fourier que, por su complejidad, no se verá en este curso. El proceso de filtrado consiste en la aplicación a cada uno de los pixels de la imagen de una matriz de filtrado de tamaño NxN (generalmente de 3x3 aunque puede ser mayor) compuesta por números enteros y que genera un nuevo valor mediante una función del valor original y los de los pixels circundantes. El resultado final se divide entre un escalar, generalmente la suma de los coeficientes de ponderación. Los filtros se pueden expresar mediante una ecuación.

$$ND'_{i,j} = \frac{ND_{i-1,j-1} + ND_{i,j-1} + ND_{i+1,j-1} + ND_{i-1,j} + ND_{i,j} + ND_{i+1,j} + ND_{i-1,j+1} + ND_{i,j+1} + ND_{i+1,j+1}}{9}$$

Figure 5:ecuacion trasformada de Fourier

donde i y j representan la fila y la columna de cada pixel, $ND_{i,j}$ su Nivel Digital y $ND0_{i,j}$ el Nivel Digital obtenido tras hacer el filtrado.

Mediante diferentes combinaciones de parámetros asignados a los diferentes pixeles circundantes se pueden conseguir diferentes efectos. En general los efectos deseados se relacionan con el aspecto borroso que tienen las imágenes de satélite, y también la fotografía aérea, debido a la dispersión atmosférica y la reflectividad lambertiana

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

DIV=9

Figure 6: Matriz filtro de media

Una diferencia importante entre las técnicas de filtrado y las de visualización, vistas en el tema anterior, es que el filtrado modifica necesariamente la imagen ya que pretenden extraer información cuantitativa que debe almacenarse como una nueva capa en lugar de como una paleta de colores. Desde el punto de vista de los SIG, los filtros son operadores de vecindad de álgebra de mapas. Por tanto vamos a encontrar módulos que computan directamente algún tipo de filtro (`r.mfilter` y `r.neighbors` en GRASS) y además pueden programarse directamente en algún lenguaje de álgebra de mapas (`r.mapcalc`). Los filtros más utilizados son los de paso bajo (suavizan la imagen), de paso alto (aumentan el contraste), los filtros direccionales (detectan en

la imagen estructuras que siguen una determinada dirección) y los de detección de bordes (permiten identificar y aislar objetos con propiedades homogéneas dentro de la imagen).

FILTROS DE PASO BAJO

Su objetivo es suavizar la imagen, son útiles cuando se supone que la imagen tiene gran cantidad de ruido y se quiere eliminar. También pueden utilizarse para resaltar la información correspondiente a una determinada escala (tamaño de la matriz de filtrado); por ejemplo en el caso de que se quiera eliminar la variabilidad asociada a los tipos de cubierta presentes en la imagen uniformizando de esta manera su respuesta. Existen varias posibilidades:

- Filtro de la media, asigna al píxel central la media de todos los píxeles incluidos en la ventana. La matriz de filtrado estaría compuesta por unos y el divisor sería el número total de elementos en la matriz.
- Filtro de media ponderada, los elementos de la matriz de filtrado no son todos 1 sino que se da más peso a uno de ellos (generalmente el central) para obtener un resultado más parecido a la imagen original y evitar que aparezca borrosa.
- Filtro de la mediana tiene la ventaja de que el valor final del píxel es un valor real presente en la imagen y no un promedio, de este modo se reduce el efecto borroso que tienen las imágenes que han sufrido un filtro de media. Además, el filtro de la mediana es menos sensible a valores extremos. El inconveniente es

que resulta más complejo de calcular ya que hay que ordenar los diferentes valores que aparecen en los píxeles incluidos en la ventana y determinar cuál es el valor central.

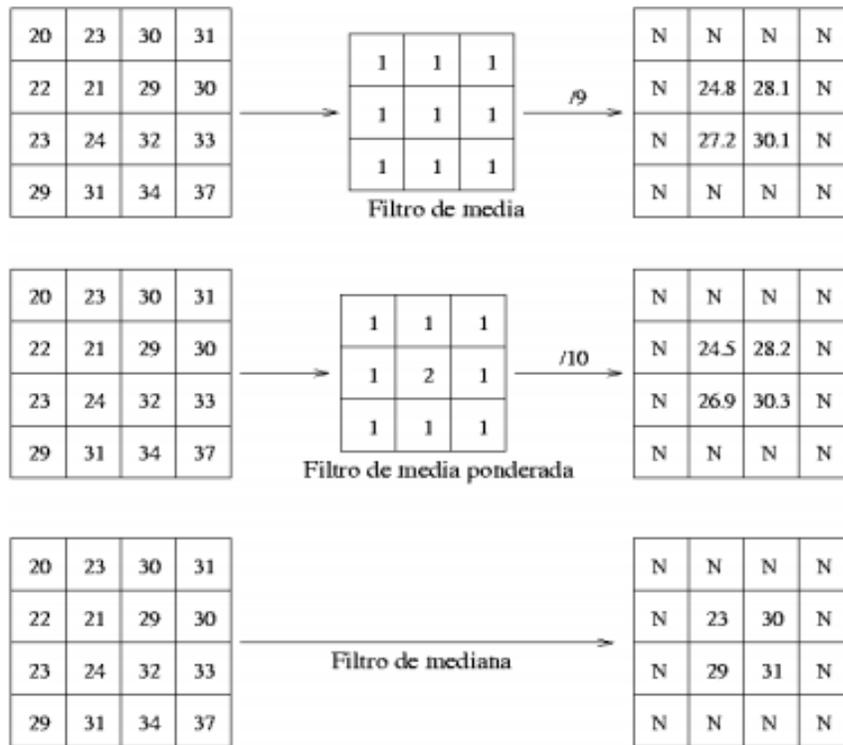


Figure 7: diferentes filtros de media

- Filtros adaptativos. Son considerablemente más complejos ya que los coeficientes de ponderación se recalculan para cada uno de los pixels en función del histograma de los ND que aparecen en la ventana. Se han utilizado con gran éxito filtros adaptativos para eliminar el speckle de las imágenes de radar y para detectar, con un solo filtro, diferentes elementos.

- Filtros gaussianos. Simulan una distribución gaussiana bivalente. El valor máximo aparece en el pixel central y disminuye hacia los extremos tanto más rápido cuanto menor sea el parámetro de desviación típica s . El resultado será un conjunto de valores entre 0 y 1. Para transformar la matriz a una matriz de números enteros se divide toda la matriz por el menor de los valores obtenidos.

La ecuación

$$g(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2s^2}}$$

$$G(x, y) = \frac{g(x, y)}{\min_{x,y}(g(x, y))}$$

Figure 8:ecuación filtro gaussiano

para calcularla es:

FILTROS DE PASO ALTO

Su objetivo es resaltar las zonas de mayor variabilidad eliminando lo que sería la componente media, precisamente la que detectan los filtros de paso bajo. Por otra parte la respuesta de cada pixel está contaminada por la de los pixeles vecinos ya que, considerando la superficie terrestre como lambertiana, la radiación reflejada por un pixel se reparte hacia los pixeles vecinos. Los filtros de paso alto consiguen también eliminar en parte esta contaminación. Existen diversos métodos:

- Sustracción de la media. Si se considera que un filtro de paso bajo sirve para resaltar componentes a gran escala eliminando la variabilidad local, si a la imagen original se le resta el resultado de pasarle un filtro de paso bajo se consigue resaltar esa variabilidad local. La matriz de filtrado de este filtro menos media puede calcularse directamente restando a la matriz de filtrado identidad la matriz de filtrado de la media:
- Filtros basados en las derivadas. La derivada de una función $y = f(x)$ es el incremento de y para cada incremento infinitesimal de x . En el caso de Modelo Digital de Elevaciones la derivada es la pendiente. La segunda derivada es la derivada de la derivada, en el caso de un MDE nos da información acerca de la forma (ladera recta, cóncava o convexa, valle, cresta o cima) del terreno. En el caso de una imagen de satélite nos va a informar de como son los cambios, más o menos bruscos, que se producen entre pixeles contiguos.

FILTROS DIRECCIONALES

Se utilizan para detectar estructuras que siguen una determinada dirección en el espacio resaltando el contraste entre los píxeles situados a ambos lados de la estructura.

FILTROS PARA LA DETECCIÓN DE BORDES

uno de los más utilizados es el detector de bordes de Sobel que realiza la variación entre filas y

$$S_{i,j} = \sqrt{C^2 + F^2}$$

Figure 9: ecuación filtro de bordes

columnas. Es algo más complejo que los anteriores:

donde C y F resultan de pasar los filtros.

Además, Dinse et al. (2011), presentan una técnica semi-automática para la segmentación del LV en imágenes de CT. Esta técnica se basa en el algoritmo denominado caminador aleatorio o random walker (RW). En el entrenamiento el RW es aplicado sobre bases anotadas. En tales bases el LV es etiquetado diferenciándolo del fondo de la imagen. La técnica del random walker establece, analíticamente, donde existe alta probabilidad de que esté ubicado el LV construyendo una función de densidad de probabilidad. La mencionada función de densidad se aplica sobre bases no anotadas, pero pre-procesadas con un filtro de difusión anisotrópica y una técnica de realce de bordes (imagen original menos imagen filtrada). Para ello, considerando las bases pre-procesadas, la técnica se inicializa manualmente en un punto perteneciente al LV simulando la acción de un caminador aleatorio el cual, considerando la función de densidad establecida, clasifica los vóxeles que pertenecen al LV. Es importante contienen los vóxeles seleccionados en

el paso anterior; 4) uso de computación paralela para reducir drásticamente el tiempo de cómputo del NLM. Adicionalmente, ellos reportan un estudio comparativo de la técnica de filtrado 3-D desarrollada versus: a) Rudin, Osher y Fatemi (1992), proponen un filtro que implementa el proceso de minimización de la variación total; b) Perona y Malik (1990), presentan una técnica de filtrado basada en un proceso de difusión anisotrópica. Los resultados de tal estudio revelan que la versión 3-D del filtro NLM exhibe un mejor desempeño ya que eleva el PSNR, de las imágenes procesadas, a un valor superior al logrado por las otras dos técnicas consideradas.

Fundamentos teóricos de algunas técnicas de pre-procesamiento.

Vera (2014), expresa que las técnicas de pre-procesamiento se caracterizan por realizar tareas tales como:

a) Atenuar distorsiones que afectan la calidad de la imagen considerada.

b) Realzar los contornos que delimitan los objetos que se desean segmentar.

c) Uniformar la información contenida en el interior de tales contornos.

d) Excluir objetos o estructuras no deseadas generando regiones claramente delimitadas que contienen el objeto de interés.

Además, Pratt (2007) plantea que el proceso de filtrado de imágenes consiste en la aplicación de algoritmos denominados, usualmente, filtros, que se caracterizan por modificar en cierto grado las características o atributos de una imagen de entrada con el propósito de minimizar las posibles imperfecciones presentes en ella.

Por otra parte, González y Woods (2007), expresan que los filtros operan sobre imágenes, en los dominios frecuenciales y espaciales, con el fin de: a) realzar algún tipo de información deseada la cual puede estar vinculada, por ejemplo, con una estructura u objeto de interés; b) minimizar o suprimir la información no deseada la cual puede corresponderse con artefactos, ruido, fondo u otros objetos distintos del objeto de interés.

En Vera (2014), se afirma que luego de la aplicación de un filtro, se genera una imagen de salida en la cual pueden aparecer suavizados o realzados algunos atributos presentes en la imagen de entrada. De acuerdo con ello, las técnicas de filtrado podrían clasificarse, de manera preliminar, en técnicas de filtrado para el realce de información de interés y técnicas de filtrado para la remoción de información no deseada.

Filtros espaciales. Passarielo y Mora (1995), expresan que en el contexto del filtrado espacial se utilizan con mucha frecuencia los términos vecindades, máscaras, ventanas y *kernels* los cuales pueden considerarse como sinónimos. Las vecindades son simplemente grupos de elementos pertenecientes a la imagen que se desea procesar y que cumplen con la condición de ser vecinos (estar en las proximidades) de un elemento particular denominado elemento objeto de estudio o elemento actual.

Las mencionadas vecindades se diseñan considerando diversas topologías, tamaños arbitrarios y, en ciertos casos, la asignación (dentro de la máscara) de escalares que se obtienen empíricamente o mediante la aplicación de modelos matemáticos pre-establecidos.

Adicionalmente, las técnicas de filtrado espacial se pueden clasificar en filtros espaciales lineales y filtros espaciales no lineales. Los filtros lineales generan una imagen de salida (imagen filtrada) mediante un proceso, frecuentemente denominado convolución, basado en la combinación lineal (LC) de las intensidades que poseen los elementos de la imagen de entrada.

Los coeficientes que permiten operacionalizar tal LC se hacen coincidir con los escalares de una vecindad centrada en el elemento objeto de estudio. Usualmente, la imagen que se desea filtrar es analizada elemento por elemento repitiendo iterativamente el mencionado proceso.

Filtro basado en difusión anisotrópica. Los filtros de difusión anisotrópica, y su implementación discreta basada en la aproximación de derivadas parciales mediante diferencias finitas, fueron introducidos en el procesamiento de imágenes por Perona y Malik (1990).

Vera (2014), recomienda la aplicación de tales filtros tiene como objetivo suavizar la información contenida dentro de las regiones delimitadas por los bordes de los objetos presentes en una imagen.

los filtros anisotrópicos utilizan un detector de bordes que guía el proceso de difusión. Normalmente, tales ecuaciones se resuelven numéricamente utilizando diferencias finitas, mediante un esquema explícito que permite suavizar la imagen, de manera iterativa, en cada incremento de tiempo. En ese sentido, la variable tiempo controla el número de iteraciones.

Coupé *et al* (2008), da a conocer como en presencia de contornos ruidosos los filtros de difusión presentan una tendencia a degradar los bordes de las imágenes que ellos procesan en

relación proporcional con la cantidad de iteraciones. Por esta razón el número de iteraciones debe elegirse, cuidadosamente, de tal forma que la referida degradación no sea excesiva.

Filtro de mediana. Pratt (2007) establece que el filtro de mediana clásico, es una técnica de filtrado no lineal, que se utiliza para reducir el ruido presente en las imágenes considerando los valores de intensidad de los vecinos, del elemento objeto de estudio, contenidos en una vecindad de tamaño arbitrario. A tal vecindad, también se le conoce como ventana de observación.

Fischer, Paredes y Arce (2010), plantean que, para generar el nuevo valor del elemento de la imagen, objeto de estudio, los valores de intensidad mencionados son colocados en un arreglo vectorial ordenado al cual se le determina el estadístico denominado mediana. Así, la intensidad del elemento actual se hace coincidir con el valor de tal mediana, repitiéndose este proceso, iterativamente, para cada elemento presente en la imagen de entrada.

Passarielo y Mora (1995), expresan que una característica importante de este filtro es que tiende a mantener la información relevante de la imagen atenuando las variaciones impulsivas aleatorias. Este filtro tiene la propiedad de preservar, de manera moderada, los bordes de los objetos presentes en una imagen.

De acuerdo con Arce (1998), una variante del filtro de mediana es el filtro de mediana ponderada. A diferencia del filtro de mediana clásico, en este tipo de filtro se ponderan mediante pesos (coeficientes), la información de los píxeles ó vóxeles adyacentes al elemento objeto de estudio. Las ponderaciones permiten realzar y/o despreciar la importancia de las muestras en la ventana de observación.

Otra variante del filtro de mediana clásico es el filtro de mediana basado en pesos permutados. Esta variante, permite ajustar las ponderaciones de los niveles de gris de los vóxeles con base en el orden de los niveles de gris, presentes en la ventana de observación planteado por Fischer, Paredes y Arce (2010).

Filtro promediador. De Acuerdo con Passarielo y Mora (1995), el filtro promediador es una técnica de filtrado espacial no lineal que ha sido usada para atenuar ruido de tipo aleatorio. Este filtro requiere para su operacionalización de un cierto umbral (ε). Mediante esta técnica se reemplaza el nivel de gris del elemento actual ($I(x)$) de una imagen de entrada por el nivel de gris promedio (μ) de una vecindad, de radio (R_p) variable, del elemento actual si y solo si se cumple la condición.

Es importante señalar que, el radio de la referida vecindad debe elegirse cuidadosamente pues si es muy pequeño el efecto del filtro puede ser despreciable y si es muy grande puede introducir una borrosidad inadecuada en la imagen suavizada.

Filtro Gaussiano. Según Vera (2014), el filtro Gaussiano está caracterizado como una técnica espacial lineal que se ha utilizado clásicamente para minimizar el ruido presente en imágenes. Existe una relación entre la cantidad de ruido que se atenúa mediante la aplicación de este filtro y el desenfoque de la imagen. Este tipo de filtro emplea una distribución Gaussiana discreta la cual puede expresarse mediante una máscara o kernel Gaussiano, de tamaño arbitrario.

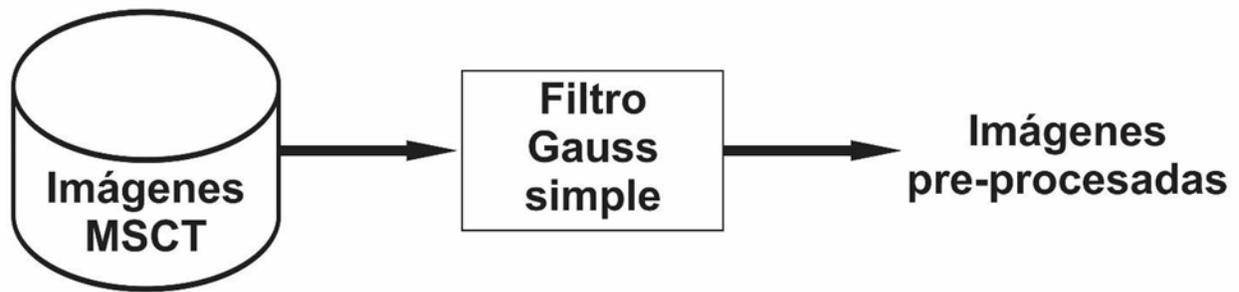


Figure 10:diagrama de bloques filtro gaussiano

Meijering (2000), expresa que en la práctica, el filtrado Gaussiano se implementa mediante la convolución de la imagen original con el referido kernel Gaussiano.

Parafraseando a Vera M. (2014) los parámetros de este filtro son: la desviación estándar de cada una de las dimensiones espaciales y el radio (r) que define el tamaño (n) de la máscara.

Una variante del filtrado Gaussiano básico es el filtro Gaussiano multi-escala (Gme). Este tipo de variante ya ha sido considerada en el procesamiento de imágenes médicas Para generar un volumen suavizado mediante el filtro Gme, se pueden considerar los siguientes pasos:

1. El volumen original es filtrado, de manera independiente, con un kernel Gaussiano de tamaño fijo pero con desviación estándar variable, es decir, se obtienen varias versiones suavizadas del volumen original.
2. Un único volumen filtrado se genera mediante la suma de los volúmenes suavizados.
3. El volumen obtenido en el paso anterior es re-escalado.

Filtro Detección de bordes El proceso de detección de bordes sirve para simplificar el análisis de las imágenes reduciendo drásticamente la cantidad de datos a procesar, al mismo tiempo permite preservar la información estructural útil sobre las fronteras del objeto. Ciertamente hay una gran diversidad de aplicaciones para la detección de bordes, pero se considera que muchas de éstas aplicaciones comparten un conjunto común de requisitos entre ellos tener una baja tasa de error en el proceso de detección (Canny, 1986)

A lo largo de las últimas décadas se han propuesto distintas técnicas para la detección de bordes,

por ejemplo, en (Ma, Gao, Yang, & Liu, 2010) se propone la detección de bordes mediante la aproximación de máscaras circulares y asociando cada punto de la imagen con un área local de brillo similar. El principal inconveniente de esa propuesta es la alta sensibilidad al ruido y la poca

capacidad para discriminar bordes frente a texturas. Además, su precisión no es completamente robusta debido a la dependencia del parámetro de la desviación estándar del filtro gaussiano que se utiliza para la eliminación del ruido, el cual se selecciona de forma manual, lo que conlleva

a pérdidas en la precisión de los resultados. Debido a estas limitaciones se ha propuesto la inclusión de filtros morfológicos que eliminan esta dependencia

Passarielo y Mora (1995), Detección de bordes en imágenes en escala de grises: Canny Es el detector de bordes más potente que existe actualmente. Los pasos principales del algoritmo son:

1. Se realiza una convolución con un filtro gaussiano. De esta forma la imagen se suaviza (eliminación de ruidos).

2. Se calcula el gradiente de la imagen suavizada, para determinar los píxeles donde se produce máxima variación (mayor módulo del vector gradiente). Segmentación de imágenes Detección de discontinuidades Bordes También se determina la dirección del vector gradiente.

3. La matriz M correspondiente al módulo del gradiente de la función gaussiana tendrá valores grandes donde la variación de la intensidad sea grande. Se eliminan (igualan a cero) aquellos píxeles que no son máximos locales en la dirección del gradiente (que es perpendicular al borde).

4. Se realiza un proceso de doble umbralización para determinar los píxeles del borde: se marcan los píxeles con valor por encima de un umbral T1; se marcan aquellos píxeles conectados a los primeros cuyo valor esté por encima de un segundo umbral T2 ($T2 < T1$). Esto eliminará falsos bordes dobles, al mismo tiempo que permite un resultado conexo.

Los filtros lineales generan una imagen de salida (imagen filtrada) mediante un proceso, frecuentemente denominado convolución, basado en la combinación lineal (LC) de las intensidades que poseen los elementos de la imagen de entrada Los coeficientes que permiten operacionalizar tal LC se hacen coincidir con los escalares de una vecindad centrada en el elemento objeto de estudio. Usualmente, la imagen que se desea filtrar es analizada elemento

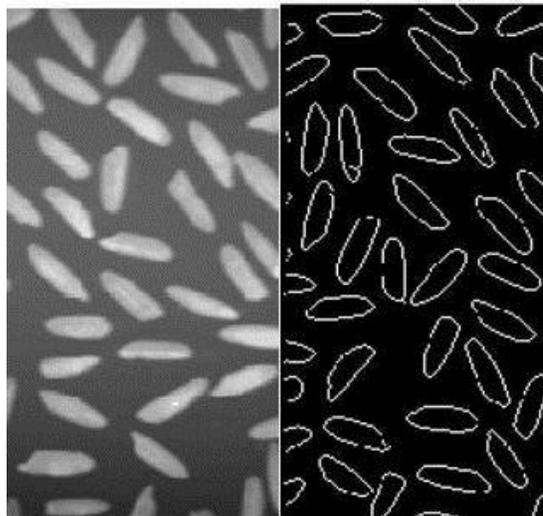


Figure 11: filtro bordes canny comparación

por elemento repitiendo iterativamente el mencionado proceso

Después de realizar el estudio de las técnicas de filtrado enfocadas en la detección de bordes y el suavizado de la imagen, se toma la decisión de utilizar el filtro de bordes Canny y el filtro gaussiano debido a la facilidad que tienen estos dos filtros para realizar un pre procesamiento de las imágenes médicas.

4.2. Configurar la tarjeta raspberry pi 3 para la compilación cruzada usando herramientas enfocadas para esto como un toolchain (cadena herramientas).

Para la realización de este proyecto de investigación donde se implementan técnicas computacionales de procesamiento digital se debe realizar un proceso de configuración de la raspberry pi y consecuentemente de las plataformas (Linux, Windows) para permitir la correcta realización de la compilación cruzada, esto permite un manejo más simple de los recursos de la raspberry pi a continuación se evidencia el proceso de configuración:

1. Para poder usar la raspberry pi lo primero que se debió hacer fue instalar el sistema operativo debían stretch 9, sistema operativo en base Linux optimizado para trabajar en plataforma raspberry ya que no todos los sistemas están optimizados para esta plataforma

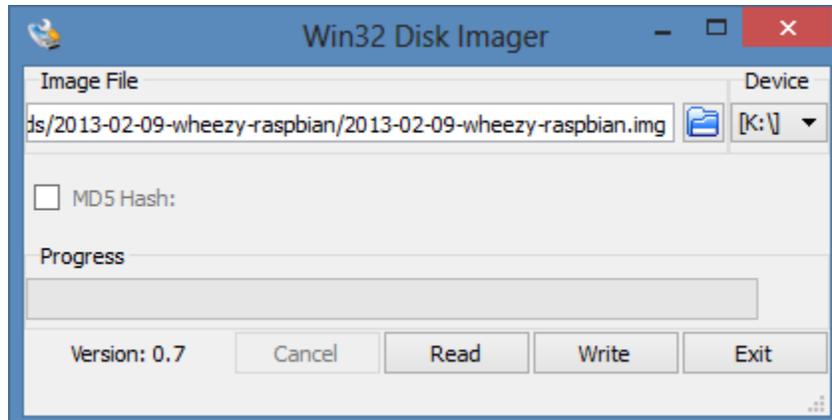


Figure 12:instalar sistema debian en raspberry con win32disk

2. Después de tener instalado el sistema operativo procedimos a hacer una configuración inicial de la plataforma raspberry ya que para poder usar las herramientas necesarias en la compilación

Cruzada es necesario tener activo el wifi la consola de comandos ssh y el escritorio remoto

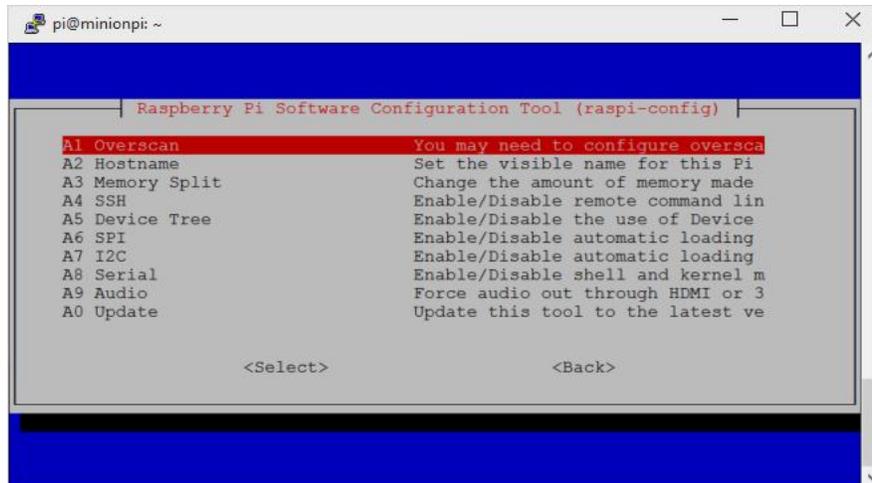


Figure 13: configuración raspberry pi

Vcn.

3. El siguiente paso que se llevó a cabo fue la instalación de los drivers de la pantalla tft lcd de 3.5 pulgadas la cual viene preinstalada al momento de la compra, se requirió hacer una búsqueda de estos drivers puesto que los que se consiguen comúnmente no funcionan.

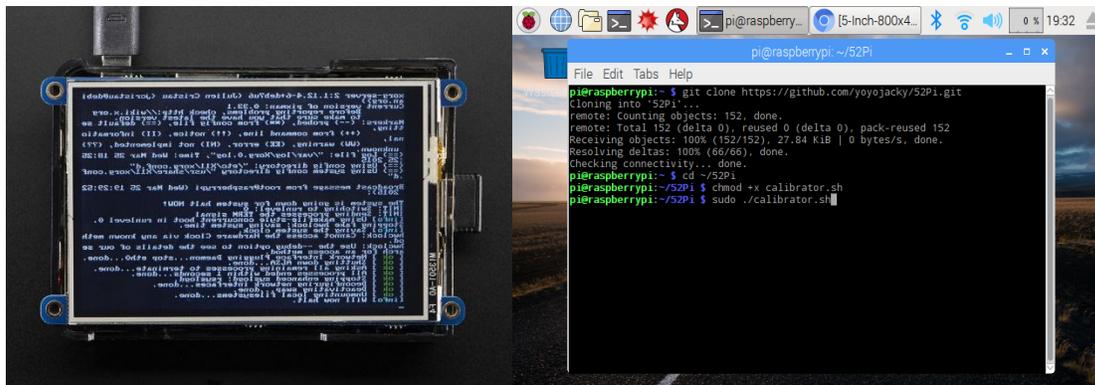


Figure 14 y10:instalacion drivers de la pantalla y activación vcn

4. Luego de que se instalaron los drivers de la pantalla se procedió a configurar el Vnc para controlar la raspberry pi desde un computador portátil esto para facilitar el manejo de la raspberry, luego de esto instalamos la cadena de herramientas GNU toolchain especial para la raspberry esto crea una ruta e instala librerías necesarias, además instala un software de conexión por ssh con la raspberry esto permite instalar todo lo necesario para la compilación

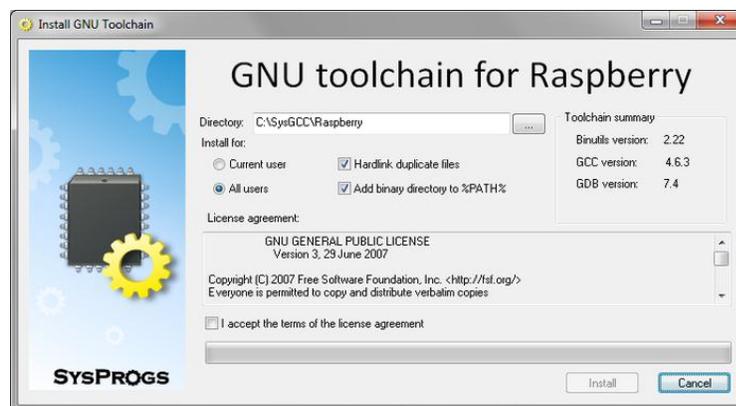


Figure 15:toolchain

cruzada en la raspberry

5. Por ultimo para terminar la configuración de la raspberry instalamos las librerías de Cmake y Opencv librerías importantes para realizar el procesamiento de imágenes, estas se instalan a la

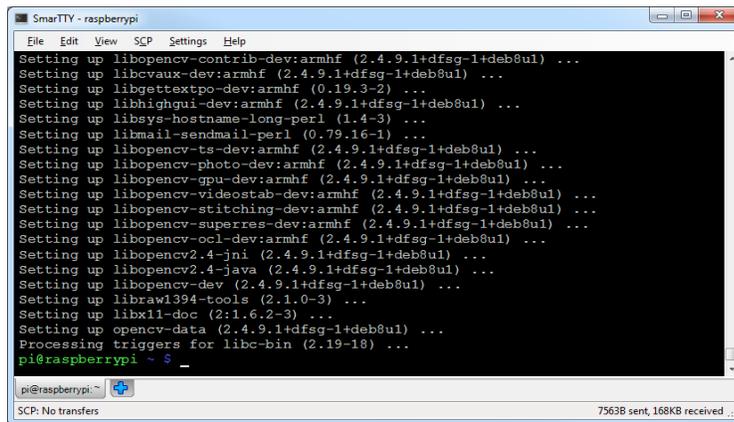


Figure 16: instalacion librerias Opencv y Cmake por ssh

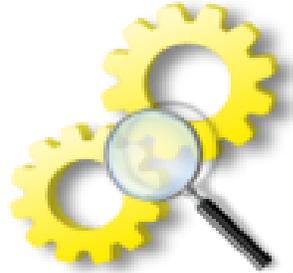
raspberry por medio de ssh.

4.3. Aplicar técnicas computacionales enfocadas en el procesamiento digital de imágenes médicas por medio de una interfaz en plataforma raspberry pi 3.

Luego de tener configurada la raspberry, procedemos a la fase de aplicación de técnicas computacionales enfocadas en el procesamiento digital de imágenes, estas técnicas son la compilación cruzada, aplicación de librerías especializadas al procesamiento para cargar y leer la imagen y aplicación de los filtros de bordes y gaussianos.

Para poder aplicar las técnicas computacionales enfocadas en el procesamiento digital de imágenes debemos construir una interfaz gráfica en la raspberry pi por medio de compilación cruzada para esto usamos las siguientes herramientas:

- Visual Studio 2017
- Visualgdb



- Qt Creator

para el diseño de la interfaz gráfica se consideró las siguientes acciones posibles para su uso:

1. Pantalla principal:

- **Procesar:** ubicado en el centro de la pantalla permite pasar a la siguiente pantalla en la cual



Figure 18:diseño pantalla1:abrir

está ubicada la parte principal de la interfaz que fue realizada en qt Designer.

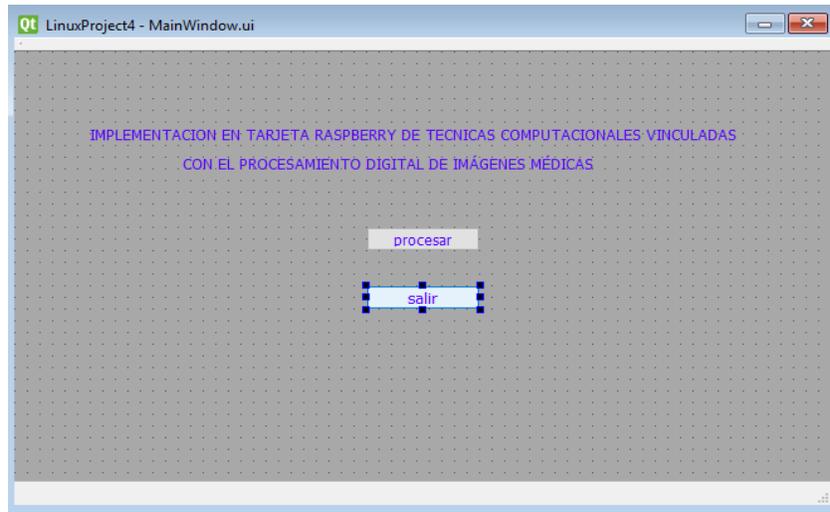


Figure 19:diseño pantalla1:salir

- **salir**: ubicado en el centro de la pantalla permite salir de la interfaz.

2. Pantalla procesamiento:

- **Abrir o cargar la imagen**: ubicado en la parte superior izquierda en un menú desplegable aparecerá la opción de buscar y cargar la imagen en extensión .png, jpg, raw la imagen será

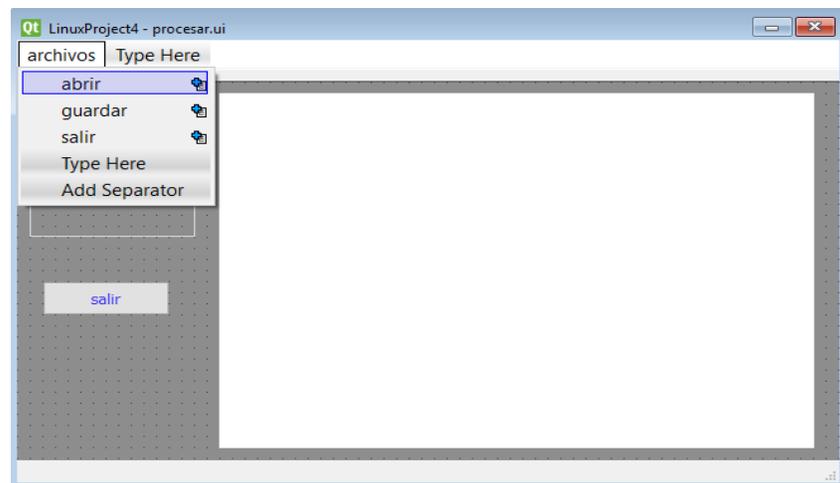
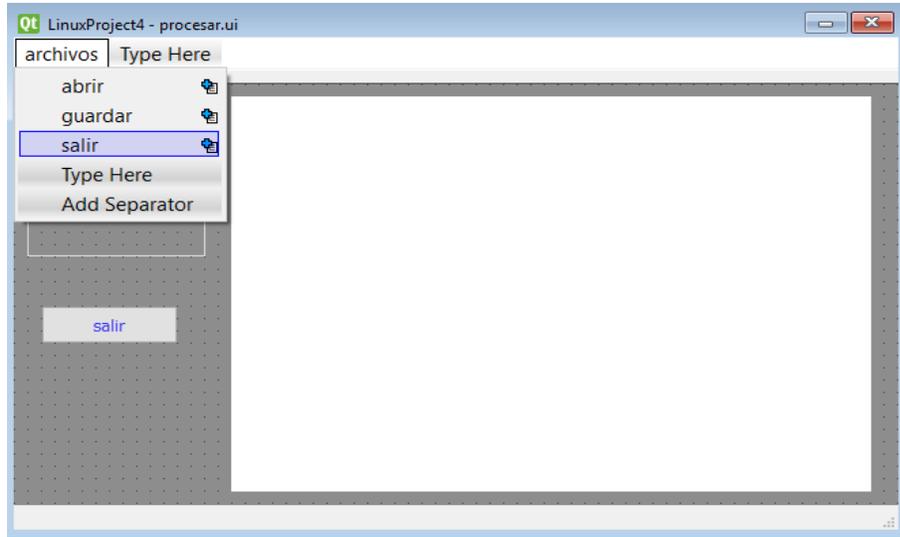


Figure 20:diseño pantalla2:abrir imagen

cargada en un frame ubicado en la parte derecha de la pantalla.

- **salir:** ubicado en la parte superior en un desplegable en el cual permite salir de la pantalla de



procesamiento

Figure 21:diseño pantalla2:salir

- **Botón del filtro gaussiano:** ubicado en la parte del medio a la izquierda el cual al darle accionar se ejecutará el código el cual realiza el filtro gaussiano con el valor óptimo y que en el

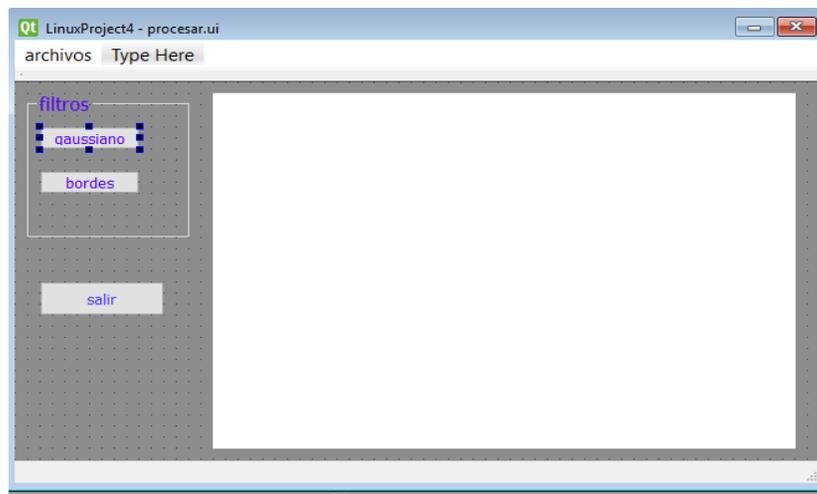


Figure 22:diseño pantalla2:filtro gaussiano

caso contrario de no haber cargado la imagen aparecerá un dialogo con el error el cual dirá que debe cargar la imagen y permitirá cargarla.

- **Botón del filtro de detección de bordes:** ubicado en la parte del medio a la izquierda el cual al darle accionar se ejecutará el código el cual realiza el filtro de detección de bordes canny con el valor óptimo y que en el caso contrario de no haber cargado la imagen aparecerá un dialogo con el error el cual dirá que debe cargar la imagen y permitirá cargarla.

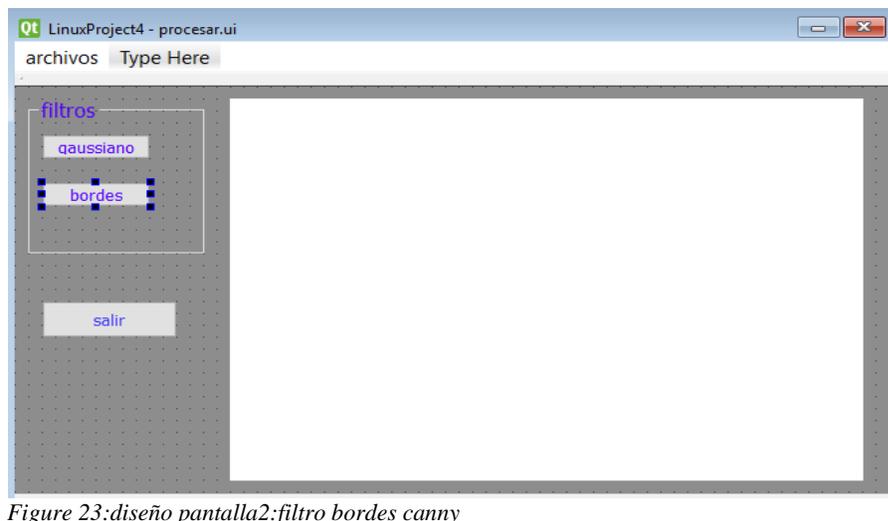


Figure 23:diseño pantalla2:filtro bordes canny

- **Botón de salir:** ubicado en la parte del medio a la izquierda el cual al darle accionar se

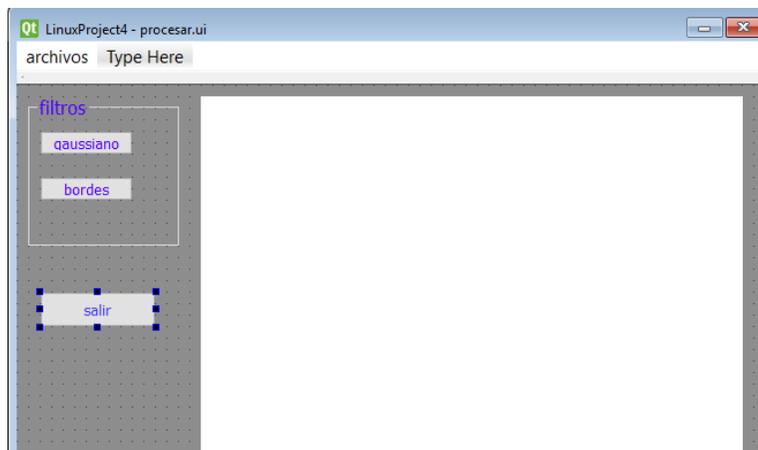


Figure 24:diseño pantalla2:salir

permitirá salir de la pantalla de procesamiento.

A continuación, se muestra la implementación de las técnicas computacionales vinculadas al procesamiento digital de imágenes en raspberry aplicadas en una interfaz gráfica:

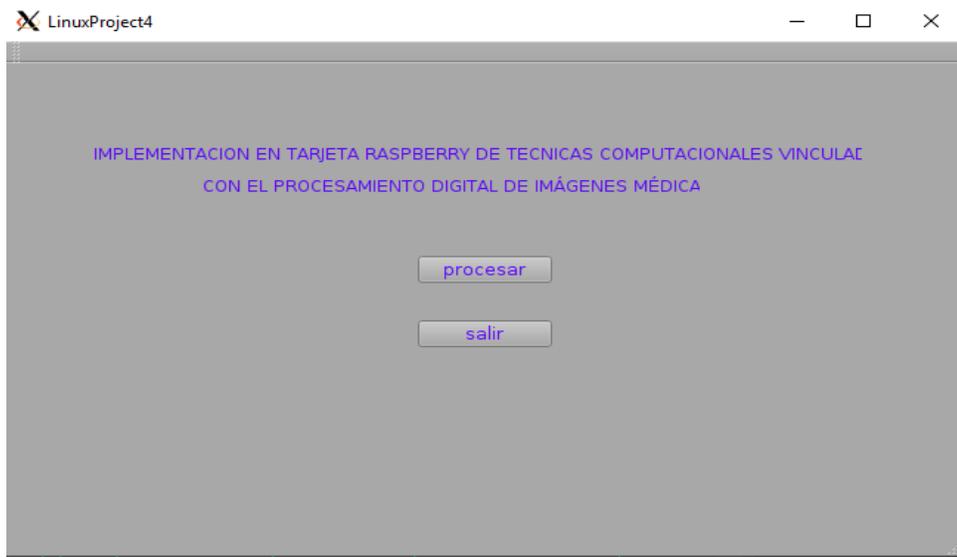


Figure 26:interfaz funcionando pantalla1



Figure 25:interfaz funcionando pantalla 2 imagen cargada

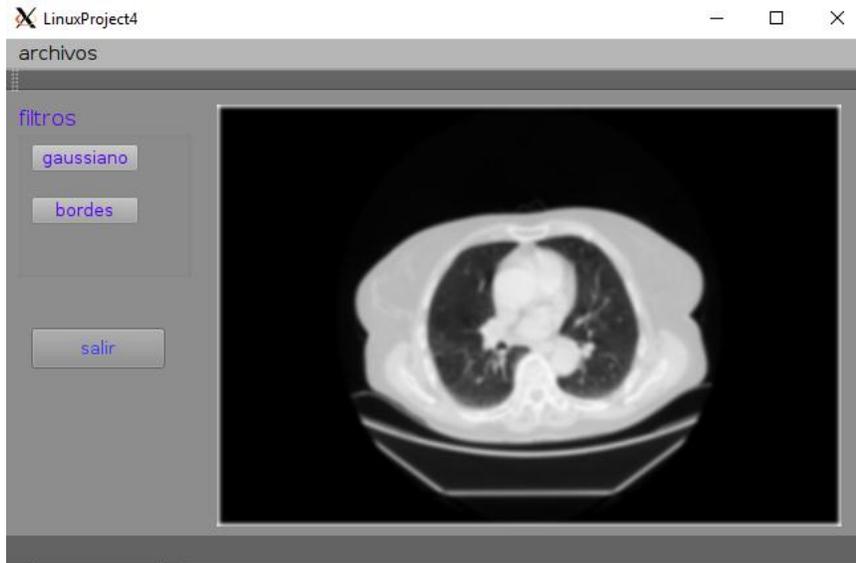


Figure 28:interfaz funcionando pantalla 2 filtro gaussiano

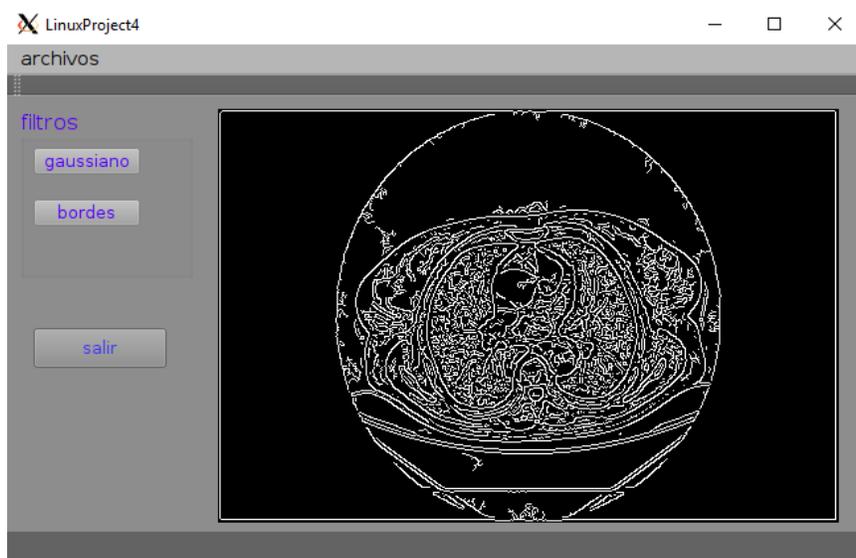


Figure 27:interfaz funcionando pantalla 2 filtro detección de bordes canny

CONCLUSIONES

Este proyecto de investigación buscaba dar una solución para mitigar los problemas de ruido y artefactos en las imágenes médicas implementando técnicas de procesamiento digital de imágenes para conseguirlo, se puede concluir que será una ayuda a la hora de procesar imágenes médicas, ya que el poder contar con una herramienta computacional en una plataforma como la raspberry pi que permita el Usuario , obtener un procesamiento con un cierto grado de precisión de diferentes imágenes médicas en diferentes formatos, ha sido el objeto principal de los artículos revisados.

gracias al desarrollo y tratamiento digital de imágenes con los diferentes métodos anteriormente expuestos para la extracción de la información necesaria, se mejoró así el resultado de diferentes rasgos o características importantes en las imágenes de modo que faciliten su procesamiento.

A lo largo de este proyecto de investigación se obtuvieron errores e impases que aunque en el momento fueron frustrantes, permitieron un mejor entendimiento y aprendizaje de esta plataforma raspberry pi y de la compilación cruzada.

Como un trabajo futuro se recomienda la visualización de distintos filtros, además de tener en cuenta la instalación de los drivers de la pantalla dela raspberry pi.

BIBLIOGRAFÍA

- A, C. (2011). Diagnóstico precoz del cáncer gástrico estrategias de prevención secundaria y dificultades del diagnóstico de lesiones precoces. *Rev Médica Clínica Las Condes*, 477-484.
- Agudelo, e. m. (2016). *programa de procesamiento de imágenes adquiridas por medio del sensor kinect para determinar la posibilidad una víctima en determinada zona*. bogotá d.c.
- Alcaide J, P. O. (2015). *Diseño de un sistema inteligente para la detección de adenocarcinoma gástrico*. México D.F.: 15vo Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas.
- American Cancer Society. (2014). *Cancer de estomago*. Obtenido de www.cancer.org
- Amirih, Z. M. (2005). *Aassessment of Gastrical cancer survival: using an artificial hierarchical neural network*. Pakistan.
- Ayala Acosta, J. C., & Lotero Gómez, J. D. (2013). *Tamización de cáncer gástrico*. Bogotá: Universitas Médica.
- Bastarrika G., C. D. (2004). *Multislice CT of the heart: clinical applications*. Anales sis san navarra.
- Camacho, I. h. (15 de junio de 2017). *la lucha contra el cáncer en colombia*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-
- Chapman, S. (2004). *MATLAB Programming for Engineers*. Australia • Canada • Mexico • Singapore • Spain • United Kingdom • United States: Thomson.

- Dinse J., W. D. (2011). *Extracting the fine structure of the left cardiac ventricle in 4-D CT data*. Springer Berlin Heidelberg: Bildverarbeitung für die Medizin.
- E., E. (2016). *Computer aided diagnosis system for lung cancer detection using svm*. Chipre: In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Computer Engineering, Near East University.
- Ejaz, N. J. (2013). Implementation of computer aided diagnosis system FOR LUNG CANCER DETECTION. *Lecture Notes on Software Engineering, Vol. 1, No. 4*, 364-369.
- Ferlay J, S. I. (2013). *Incidencia y mortalidad por cáncer en todo el mundo: IARC CancerBase No .11 [Internet]*. Obtenido de GLOBOCAN 2012 v1.0:
<http://globocan.iarc.fr/Default.aspx>
- Houghton J, W. T. (2006). *Tumors of the stomach*. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hsuan-Ting, C. (s.f.). *National Yualing*. Obtenido de Early stage gastric cancer detection in magnified nbi endoscopy images:
<http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/concepts/taxonomy.htm>,
<http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/concepts/biotype.htm>
- Hu, T. L.-H.-G.-C. (2011). Study. *Spectroscopy* 26, 155–165.
- Huérffano Y., V. M. (2016). Imagenología médica: Fundamentos y alcance. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*.
- Jaramillo, A. &. (2013 de 2013). Obtenido de
http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21132/Verificaci%C3%B3n_Satelite.pdf/b5805df1-e1df-4427-b358-a54acd2eeb04

- Johnson H., M. M. (2009). *Insight Software Consortium. Insight Segmentation and Registration Toolkit.*
- Jurado, C. A. (16 de abril de 2008). *scielo colombia.* Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-75822008000200005&lng=en&tlng=es.
- Karkanis, s. I. (2014). *Tumor recognition in endoscopic video images using artificial neural network architectures.*
- Kaur Sandhu Ishwinder, N. M. (2014). Prasad Aharwal Ravindra and. *Diagnosis of cancer using artificial neuralnetwork and cloud computing approach, World Journal of Pharmacy,* 1533-1548.
- Kelm Z., B. D. (2009). *Optimizing non-local means for denoising low dose CT.* Spain: The IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI).
- Lorensen, J. W. (1998). *The visualization toolkit (2nd ed.): Un enfoque orientado a objetos para gráficos 3D.* Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, Nueva Jersey , EE. UU.
- Luengo, J. (5 de enero de 2016). *www.panorama.com.ve.* Obtenido de <http://www.panorama.com.ve/ciudad/Asociacion-Anticancerosa-deVenezuela-Se-detectaron-50-mil-nuevos-casos-de-cancer-en-2015-20160204-0060.html>
- Mandal. (2015). International Journal of Emerging. *CANCER CLASSIFICATION*, 172-178.
- MarwahA Sheenum, M. H. (2012). Automatic diagnosis systems using image processing- a systematic study. *iracst - International Journal of Computer Science and Information Technology & Security (IJCSITS), Vol. 2, No.2.*

- Narayana R, T. G. (2014). *Classical and novel diagnosis techniques for early breast cancer detection – a comparative approach*. Obtenido de International Journal of Engineering Mathematics and Computer 3: <http://innovativejournal.in/ijemcs/index.php/ijemcs>
- Nawgaje, D. K. (2013). *Implementation of computational intelligent techniques for diagnosis of cancer using digital signal processor*. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management.
- Pala T, Y. I. (2017). Association rule for classification of breast cancer patients. *Innovations on Intelligents Systems and Applications Symposium ASYU* , 155-160.
- Palkar P, A. (2016). A technique to extract statistical parameters of digital mammogram to detect breast cancer. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 3*.
- Patel b, S. (2010). Early detection of breast cancer using self. 39-44.
- Paul Yushkevich, P. (14 de noviembre de 2014). *ITK-SNAP*. Obtenido de ITK-SNAP: <http://www.itksnap.org/pmwiki/pmwiki.php>
- Pérez, A. B. (2016). *Desarrollo de algoritmos de procesamiento de imagen*. Bilbao.
- Ramos AR, S. R. (2008). Helicobacter pylori y cáncer gástrico. *Rev gastroenterol Perú*, 258-266.
- Rasoul a., M. e. (2012). Solving mammography problems of breast. *Indian Journal of Science and Technology, Vol. 5 No. 4*, 2520-2528.
- RUIZ, M. A. (2016). *PROCESAMIENTO DE IMÁGENES*. BOGOTÁ D.C.: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- S, A. (2015). *Ingenieria inversa y analisis de arquitectura pipelaine*. cùcuta: Pontificia Universidad Javeriana.

- Serpa Andrade, L. J. (2014). *Propuesta de un método basado en visión*. Cuenca, Ecuador.
Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana.
- Sharma, P. M. (2013). Computer aided diagnosis based on medical image processing and artificial intelligence methods. *International Journal of Information and Computation Technology*, 887-892.
- Singh N, A. A. (2016). Lung cancer detection using medical images through image processing. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*.
- Somayeh Hosaini, S. E. (2015). Reast cancer tumour diagnosis from mammography images using wavelet transform and hidden markov mode. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 4*.
- Sommen, V. d. (2016). *computer-aided detection of early*. Obtenido de Endoscopy © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-105284>
- Stroustrup, B. (1985). *The C++ Programming Language* . Addison-Wesley.
- Sudhakar, v. a. (2016). automatic breast cancer detection using fuzzy k means clustering approach. *International Journal of Science and Humanities, Volume 2, Number 1* , 1-8.
- T Mythili., D. V. (2016). Efficient cancer clustering and classification using multilayer feed forward artificial neural networks. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- Tawfiq, L. A.-j. (2015). Diagnosis of cancer using artificial neural network. 45 – 49. Obtenido de International Journal of Advances in Applied Mathematics and Mechanics.

Volcanes, R. .. (2008). Sistema para detección de tumores en imágenes gastroscópicas utilizando técnica de encadenamiento difuso de pirámide y redes neuronales. *Revista Ingeniería UC*, 81-87.

Waghulade Kamini T, K. y. (26 de junio de 2016). *early breast cancer detection by using image processing*. International Journal of Innovations in Engineering, Research and Technology. Obtenido de International Journal of Innovations in Engineering, Research and

Will Schroeder, K. M. (1998). *Kitware*. Obtenido de <https://www.kitware.com/volview/>

World Health Organization. (2008). *International Agency for Research on Cancer*.
GLOBOCAN .