

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO Y MODELAMIENTO DE UNA SELECCIONADORA DE
QUINUA POR COLOR”**

PRESENTADO POR:

JUAN VICENTE JIHUALLANCA QUISPE

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Puno – Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO Y MODELAMIENTO DE UNA SELECCIONADORA DE
QUINUA POR COLOR”

TESIS PRESENTADA POR:
JUAN VICENTE JIHUALLANCA QUISPE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :


Mg. ING. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA


PRIMER MIEMBRO :


M.S.c. ING. GAVINO JOSE FLORES CHIPANA

SEGUNDO MIEMBRO :


ING. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI

DIRECTOR :

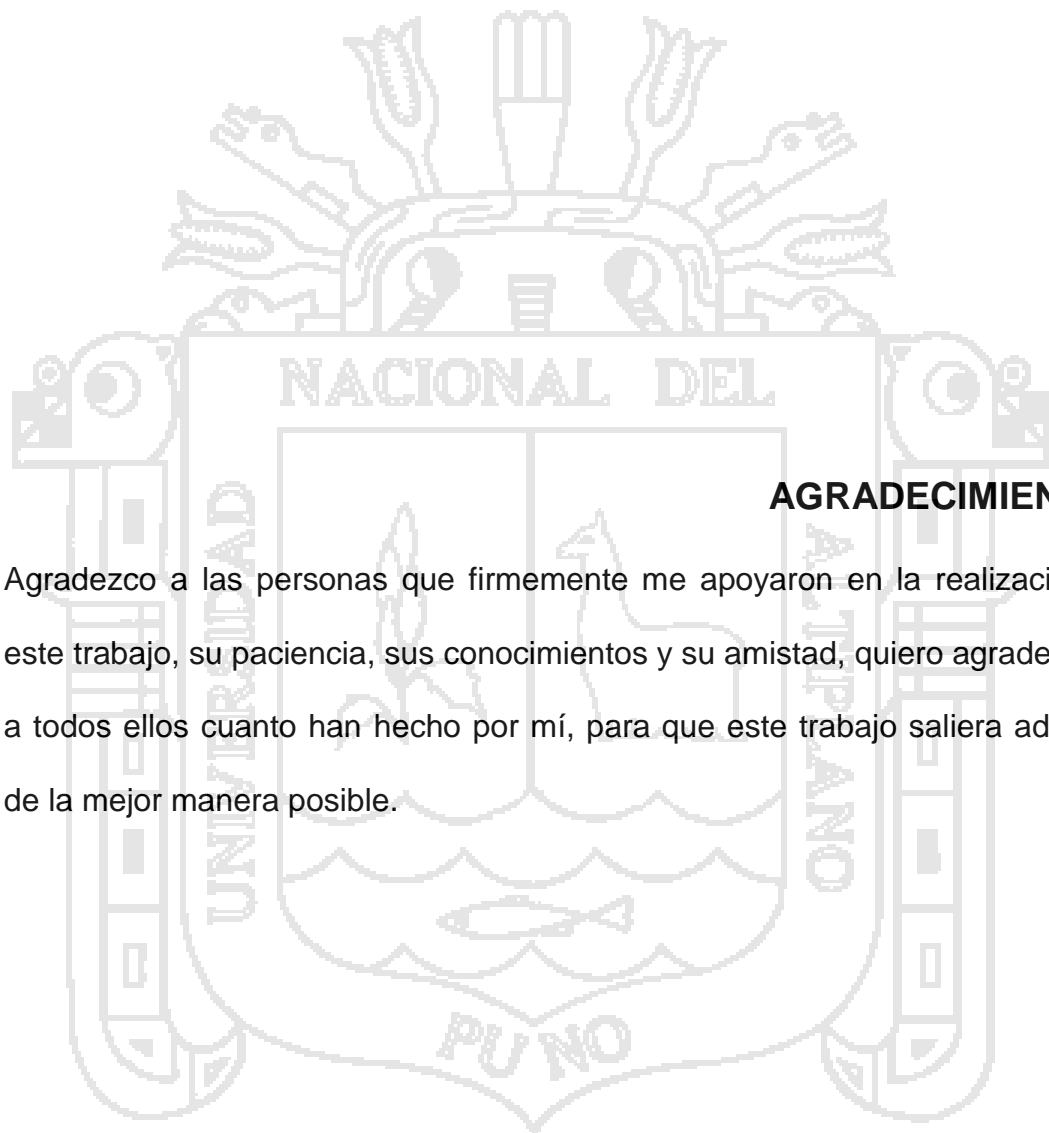

MSc. ING. IVAN DELGADO HUAYTA

PUNO – PERÚ

2015

ÁREA: Automatización e instrumentación

TEMA: Modelado y simulación de sistema de control



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que firmemente me apoyaron en la realización de este trabajo, su paciencia, sus conocimientos y su amistad, quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible.



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres a mis hijos por su amor incondicional

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1 DELIMITACIÓN DE LAS FRONTERAS DE TRABAJO	21
2.2 SUSTENTO TEÓRICO	21
2.2.1. QUINUA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i>)	21
2.2.2 COLORIMETRÍA	23
2.2.3 PROCEDIMIENTO DE LA MEDIDA DEL COLOR	23
2.2.4 RECONOCIMIENTO DEL COLOR	24
2.2.5 TEOREMA DE NYQUIST- SHANNON	25
2.2.6 DEFINICIÓN DE SENSOR INFRARROJO	25
2.2.7 DIODO EMISOR DE LUZ INFRARROJA	26
2.2.8 DIODO RECEPTOR	28
2.2.9 ZONA DE MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN	29
2.2.10 ZONA DE CONTROL	38
2.2.11 ZONA DE ACCIONAMIENTO	45
2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS	45
2.4 HIPÓTESIS	46
2.5 VARIABLES	47
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	47

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	47
CAPITULO III	
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	49
3.1.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	49
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	49
3.4 TÉCNICAS e INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN	50
3.5 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	50
3.6 PLAN DE TRATAMIENTOS DE DATOS	50
3.7 DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	50
CAPITULO IV	
4. ANÁLISIS, E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	51
4.1 MODELAMIENTO DE LA PLANTA	52
4.2 CALCULO DEL TIEMPO DE PASO DE LA QUINUA	52
4.3 FRECUENCIA DEL GENERADOR DE PULSOS	53
4.4 CIRCUITO EMISOR DE RAYOS INFRARROJOS	53
4.5 CIRCUITO RECEPTOR	54
4.6 FILTRO PASA BANDA	55
4.7 AMPLIFICADOR MULTIPLICADOR	57
4.8 RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA	58
4.9 ZONA DE CONTROL	62
4.10 SOFTWARE DESARROLLADO	62
CONCLUSIONES	81
SUGERENCIAS	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	85

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Puertos de entrada y salida	41
Tabla N° 2: Operacionalización de variables	47



INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: Diodo emisor de luz infrarroja	26
GRAFICO N° 2: Espectro visible de luz infrarroja	28
GRAFICO N° 3: Pines del 555	30
GRAFICO N° 4: Multivibrador Astable	32
GRAFICO N° 5: Filtro activo pasabanda	34
GRAFICO N° 6: Curva de respuesta de un filtro pasa banda	35
GRAFICO N° 7: Amplificador multiplicador	36
GRAFICO N° 8: Rectificador de media onda	36
GRAFICO N° 9: Microcontrolador PIC 18F4550	39
GRAFICO N° 10: Electroválvula	45
GRAFICO N° 11: Modelamiento de la planta	52
GRAFICO N° 12: Calculo del tiempo de paso de la quinua	52
GRAFICO N° 13: Circuito emisor de rayos infrarrojos	54
GRAFICO N° 14: Circuito receptor	55
GRAFICO N° 15: Curva de respuesta de un filtro pasa banda	56
GRAFICO N° 16: Filtro pasa banda	57
GRAFICO N° 17: Amplificador multiplicador	58
GRAFICO N° 18: Rectificador de media onda	58
GRAFICO N° 19: Rectificador de media onda	59
GRAFICO N° 20: Circuito filtro pasa banda	61
GRAFICO N° 21: Circuito Filtro pasabanda pictorico	61
GRAFICO N° 22: Circuito completo de la etapa de censado	61
GRAFICO N° 23: Diagrama de flujo para el PIC 18F4550	62
GRAFICO N° 24: Simulación de la selección	79
GRAFICO N° 25: Simulación de la expulsión	80
GRAFICO N° 26: Selección del tipo de filtro	
GRAFICO N° 27: Especificaciones del filtro	
GRAFICO N° 28: Respuesta del filtro	
GRAFICO N° 29: Arquitectura del filtro	
GRAFICO N° 30: Circuito del filtro	
GRAFICO N° 31: Simulación del filtro	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Diodo emisor de rayos infrarrojos	28
FIGURA N° 2: Diodo receptor de rayos infrarrojos	29
FIGURA N° 3: Prototipado filtro pasa banda	60



RESUMEN

El incremento actual de la demanda de la (*Chenopodium*) quinua como fuente de alimento en el mundo debido a sus características alimentarias especiales obliga a los países productores a mejorar cada día su producción, adecuación para el consumo humano, comercialización fijándose aún más en la presentación final del producto, la producción de la quinua está sujeta a varios parámetros, para consumo humano tiene que ver con la eliminación de la saponina que envuelve a manera de cascara a la quinua, y de igual forma para la comercialización se debe considerar los parámetros sanitarios muy exigentes del mercado internacional, tal es el caso del color, esto nos conlleva a la necesidad de estructurar todo un proceso desde la producción hasta su comercialización de la quinua con el objetivo de satisfacer la demanda tanto de calidad como de cantidad, y una buena alternativa de solución a este problema es la automatización de los procesos de producción. Es por tal motivo que en la presente investigación se analiza y diseña un máquina para la selección de los granos de quinua a partir de sus características colorimétricas, estructuralmente la maquina se basa en un sensor de color adaptado al tamaño de las quinuas, un modulador en frecuencia, un filtro pasa banda, amplificador inversor, rectificador, ADC, un microcontrolador quien realiza las comparaciones y toma las decisiones sobre la selección y por supuesto la etapa de recojo y expulsión de la quinua

PALABRAS CLAVE: *Chenopodium* quínoa, producción de quinua, clasificación, máquina para la selección, sensor de color, modulador de frecuencia, filtro pasa banda, amplificador inversor. ADC, rectificador, microcontrolador.

ABSTRACT

The current increase in demand (*Chenopodium*) quinoa as a food source in the world due to its special characteristics requires food producing countries to improve their production every day , fitness for human consumption , marketing noticing even more in the presentation end product , quinoa production is subject to various parameters , for human consumption involves the removal of saponin enveloping shell way quinoa , and similarly for marketing should be considered health parameters demanding international market , as in the case of color, this brings us to the need to structure a process from production to marketing of quinoa in order to meet the demand of both quality and quantity, and a good alternative solution to this problem is the automation of production processes . It is for this reason that in this research analyzes and designs a machine for selecting quinoa grain from their colorimetric, structurally machine is based on a color sensor adapted to the size of the quinoa , a modulator in often, a bandpass filter, inverting amplifier , rectifier, ADC , a microcontroller who makes comparisons and makes decisions about course selection and pick stage and expulsion of quinoa

KEY WORDS: *Chenopodium* quinoa, quinoa production, classification, machine for selection, color, frequency modulator, band pass filter, inverting amplifier sensor. Adc, rectifier, microcontroller.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo vive una crisis alimenticia, razón por la cual el hombre busca nuevas alternativas alimenticias, una de ellas es la quinua que contiene los 8 aminoácidos esenciales que el hombre necesita para su alimentación, sin embargo la comercialización de la quinua a nivel internacional está sujeta a parámetros como el tamaño, la uniformidad del color, debido a la demanda de quinua existente hoy en el mercado internacional y siendo el Perú el 2do principal productor de quinua en el mundo, se hace necesario la aplicación de tecnologías de selección para cumplir con los estándares de calidad exigidos por el mercado internacional, razón por la cual la presente investigación estará enmarcada en el desarrollo de tecnologías para seleccionar quinua.

El presente trabajo se muestra en capítulos los cuales tratan los siguientes temas:

CAPITULO I: Planteamiento y Formulación del problema: Contiene el planteamiento del problema, la formulación del problema, la justificación de la investigación y los objetivos de la investigación.

CAPITULO II: Marco teórico y Conceptual: Se presentan los antecedentes de la investigación, el marco teórico donde se definen los conceptos que son el apoyo teórico sobre las cuales se apoya el desarrollo de la presente investigación, además se describe en el marco conceptual términos técnicos que ayudaran a comprender de una mejor manera los conceptos usados, así como las hipótesis de la investigación y la operacionalización de las variables.

CAPITULO III: Método de Investigación, Se describe el tipo de investigación, el ámbito del estudio, la metodología de desarrollo del sistema.

CAPITULO IV: Exposición y análisis de los resultados, Se describe la estructura, funcionalidad y resultados del sistema desarrollado, también se incluye las conclusiones, Presentamos conclusiones del trabajo de investigación, también incluye las sugerencias, la bibliografía y los anexos.





CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el mundo vive una crisis alimenticia, razón por la cual el hombre busca nuevas alternativas alimenticias, una de ellas es la quinua que contiene los 8 aminoácidos esenciales que el hombre necesita para su alimentación, además siendo la quinua uno de los alimentos recomendados por diversas entidades e institutos que investigan sobre alimentos, tal es el caso de la FAO y la NASA, sin embargo la comercialización de la quinua a nivel internacional está sujeta a parámetros como el tamaño, la uniformidad del color, debido a la demanda de quinua existente hoy en el mercado internacional y siendo el Perú el 2do principal productor de quinua en el mundo es necesario mejorar las prácticas de producción selección para su comercialización en el mercado internacional. Por lo tanto se hace necesario realizar investigaciones en este sentido que conlleven a mejorar el proceso de producción, empaqueo, comercialización de manera que la industria nacional en el Perú sea más competitiva a nivel internacional.

1.1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dada la situación planteada el problema puede quedar formulado interrogativamente con la siguiente pregunta:

¿El análisis y diseño de un sistema detector analógico digital de color en la quinua permitirá resolver y mejorar el control de calidad de la quinua?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

a) ¿El diseño de un modulador infrarrojo permitirá reconocer una escala de grises en la industria alimentaria y específicamente en la quinua?

- b) ¿El diseño de un filtro pasa banda permitirá detectar el reflejo de la luz infrarroja modulada, para reconocer y clasificar la quinua de acuerdo a su color?
- c) ¿El diseño de un prototipo simple permitirá tomar muestras de color de quinua mediante la medición de la luz infrarroja reflejada?

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La importancia de la investigación de un sistema detector digital de escala de grises en la quinua se justifica:

- a) En la originalidad y relevancia ya que es una investigación inédita y que aún no se está desarrollando en el país y en el mundo, y es muy relevante porque la producción de la quinua está en aumento y el año 2013 es año internacional de la quinua
- b) Se justifica en el desarrollo tecnológico, permitirá mejorar la tecnología en el proceso de producción de la quinua.
- c) En lo social, permitirá un desarrollo en la población productora a tener que adaptarse al uso de sistemas de control de calidad automatizados.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

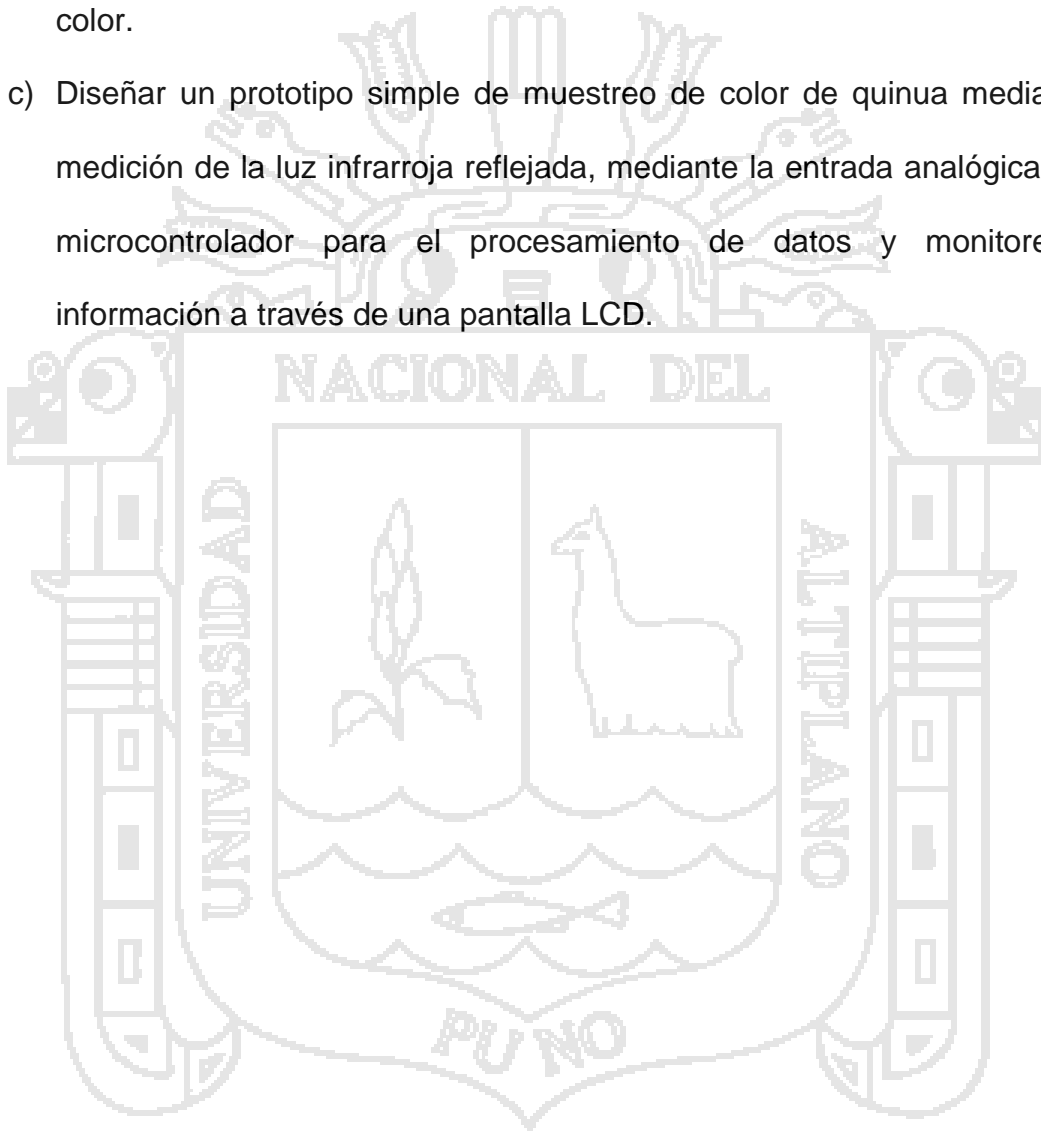
Se plantearon los siguientes objetivos:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y modelar un sistema de control de calidad y clasificación de la quinua, mediante luz infrarroja modulada.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diseñar un modulador emisor de luz infrarroja para reconocimiento de escala de grises en la industria alimentaria y específicamente de la quinua.
- b) Diseñar un filtro pasa banda que permita detectar el reflejo de la luz infrarroja modulada, para reconocer y clasificar la quinua de acuerdo a su color.
- c) Diseñar un prototipo simple de muestreo de color de quinua mediante la medición de la luz infrarroja reflejada, mediante la entrada analógica de un microcontrolador para el procesamiento de datos y monitoreo de información a través de una pantalla LCD.





2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La tesis “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA COMPUTARIZADO PARA LA INTERPRETACIÓN COLORIMÉTRICA Y MORFOMÉTRICA DEL CHENOPODIUM”. Elaborado por JHON WILBER TAPIA PINTO en el año 2014. Con el planteamiento del Objetivo General: “Analizar y diseñar un sistema de interpretación de la caracterización colorimétrica y morfométrica de granos de quinua por bloques mediante procesamiento digital de imágenes, para su aplicación en una máquina de selección Óptica de Quinua.”, dando las siguientes conclusiones:

1. El desarrollo del sistema de interpretación de las características colorimétricas y morfométricas del grano de quinua, se presenta como una alternativa frente a los costosos sistemas de selección óptica, aprovechando dispositivos de uso diario y de fácil acceso.
2. El sistema diseñado en la presente investigación nos muestra la posibilidad de incluirla en sistemas más completos, como por ejemplo una máquina de selección óptica de quinua o una máquina de control de calidad de quinua.
3. El software desarrollado tendrá un efecto relativo en la eficiencia y la eficacia de la máquina clasificadora pues estos índices también dependerán de la velocidad del hardware y principalmente en el módulo de expulsión mecánico.
4. La implementación del software va de la mano con la implementación del hardware, pues si se presentan cambios en el hardware el software desarrollado para la PC sufrirá cambios, y esta finalizará una vez que los demás módulos terminen de implementarse..

Perspectivas del Trabajo: El comercio de alimentos en la actualidad ha tomado nuevas características influenciado por la globalización, la competitividad y las ventajas comparativas, es así que los cultivos andinos poco destacados y comercializados en el pasado, ahora tienen la oportunidad de integrarse en el comercio internacional y con mayor dinámica en el comercio nacional.

Uno de estos cultivos es la Quinoa (*Chenopodium Quinoa*), grano andino que contribuye de manera importante en la alimentación de numerosas familias rurales y urbanas del Perú y del mundo y cuya demanda se está incrementando en los últimos años, siendo necesario que los productores, procesadores y comercializadores se adecúen a las nuevas exigencias del mercado, tanto en calidad como en tiempo.

La quinua es un alimento rico ya que posee los 8 aminoácidos esenciales para el humano, lo cual hace que la quinua sea un alimento muy completo y de fácil digestión por lo que es el elemento principal de alimentación y una fuente de recurso económico para el productor puneño con mucho potencial en el mercado internacional.

Actualmente debido al crecimiento de la demanda tanto en cantidad como en calidad, la producción de quinua requiere de estrictos procesos de producción y control de calidad, por lo que es necesario contar con sistemas automatizados capaces de realizar este trabajo aprovechando recursos y tiempo.

En el proceso de producción de la quinua, uno de los subprocesos más importantes es la clasificación de la quinua según parámetros establecidos originados por las exigencias de calidad del consumidor y el destino de uso del

pseudo-cereal como materia prima en otros productos derivados. Es así que los sistemas de clasificación y selección de quinua se convierten en elementos indispensables entre los procesos de producción y comercialización de estos granos, utilizados actualmente en las industrias de producción y transformación de alimentos y en un proceso de Incorporación por los productores enfocados a la producción de quinua. (Tapia Pinto, 2014).

2.1.1. DELIMITACIÓN DE LAS FRONTERAS DE TRABAJO

En esta investigación se conocen los siguientes alcances y limitaciones operativas:

- a) Se aplicó en el departamento de Puno.
- b) El estudio se contextualizó en el primer cuatrimestre del 2014.
- c) El proyecto se ejecutó en nivel de análisis, diseño del sistema detector analógico digital de color en el control de calidad de la quinua.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1. QUINUA (CHENOPODIUM QUINUA)

La quinua, quínoa o kinwa (*Chenopodium quínoa*) es un seudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Es un cultivo que se produce en los Andes de Perú, Argentina, Bolivia, Chile, Colombia y Ecuador, y en los Estados Unidos. Bolivia es el primer productor mundial, seguido de Perú y de los Estados Unidos. Se la denomina seudo cereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en que están los cereales "tradicionales", pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal.

El altiplano boliviano, con un área sembrada de 69.000 ha, es el principal cultivador mundial de quinua, la zona con mayor producción de quinua se encuentra en el departamento de Potosí con el 80% del total producido.

El segundo país productor es Perú cuya superficie cultivada asciende a las 55.000 ha, y se producen más de 44.000 t al año, el cultivo de quinua es muy importante para los agricultores de este país; principalmente para las más de 70000 comunidades campesinas y pequeños agricultores, de Puno. En Ecuador unas 1700 ha se dedican a la producción de quinua y en Colombia, unas 700 ha, casi todas al sur de Nariño. En las zonas de cultivo de estos cuatro países, es más común encontrar la quinua sembrada en asociación con maíz, frijol y haba o como cercado alrededor de sementeras de papa.

La quinua es una planta alimenticia de desarrollo anual, dicotiledónea que normalmente alcanza una altura de 1 a 3m. Las hojas son anchas y polimorfas (con diferentes formas en la misma planta); el tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas y puede tener ramas, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado; las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Son hermafroditas y generalmente se auto fecundan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2mm. de diámetro (de 250 a 500 semillas/g), rodeado por el cáliz, que es del mismo color que la planta. Está considerado un grano sagrado por los pueblos originarios de los Andes, debido a sus exclusivas características nutricionales, *Chenopodium quinoa*. (2015, 15 de Marzo).
Wikipedia.

2.2.2. COLORIMETRÍA

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color, es decir la obtención de valores numéricos del color, Colorimetría. (2008, 31 de octubre). *Wikipedia*,

2.2.3. PROCEDIMIENTO DE LA MEDIDA DEL COLOR

Existe una necesidad de estandarizar el color para poderlo clasificar y reproducir. El procedimiento utilizado en la medida del color consiste sustancialmente en sumar la respuesta de estímulos de colores y su normalización a la curva espectral de respuesta del foto receptor sensible al color. Como referencia, se utiliza la curva espectral codificada de la Comisión Internacional de Iluminación, (conocida por sus siglas CIE en francés), la llamada función colorimétrica. Debe notarse que el color es una característica subjetiva, pues solo existe en el ojo y en el cerebro del observador humano, no siendo una característica propia de un objeto. Los foto receptores del ojo humano son los conos de la retina, de los que existen diferentes tipos, con sensibilidades diferentes a las distintas partes del espectro luminoso.

El matemático alemán Hermann Grassmann enunció unas leyes sobre la mezcla aditiva del color. Estas muestran que cualquier color puede expresarse como suma de tres colores primarios, es decir, de tres colores, cada uno de los cuales no puede obtenerse por la mezcla de los otros dos. Aplicando sus leyes, se obtiene la denominada ecuación unitaria del color, que representada, da una forma parecida a un triángulo, el triángulo internacional de color. El área dentro de las tres curvas que se obtienen con este procedimiento dan origen a tres

valores: las coordenadas triestímulo X, Y y Z ligadas a las coordenadas de cromaticidad X e Y por relaciones lineales. El paso de un espacio de colores a otro son datos de relaciones de transformación de coordenadas. Colorimetría. (2008, 31 de octubre). *Wikipedia*,

2.2.4. RECONOCIMIENTO DEL COLOR

El reconocimiento de patrones es la ciencia que se ocupa de los procesos sobre ingeniería, computación y matemáticas relacionados con objetos físicos o abstractos, con el propósito de extraer información que permita establecer propiedades de entre conjuntos de dichos objetos

El reconocimiento de patrones —también llamado lectura de patrones, identificación de figuras y reconocimiento de formas—¹ consiste en el reconocimiento de patrones de señales. Los patrones se obtienen a partir de los procesos de segmentación, extracción de características y descripción dónde cada objeto queda representado por una colección de descriptores. El sistema de reconocimiento debe asignar a cada objeto su categoría o clase (conjunto de entidades que comparten alguna característica que las diferencia del resto). Para poder reconocer los patrones se siguen los siguientes procesos:

- a) Adquisición de datos
- b) Extracción de características
- c) Toma de decisiones

El punto esencial del reconocimiento de patrones es la clasificación: se quiere clasificar una señal dependiendo de sus características. Señales,

características y clases pueden ser de cualquiera forma, por ejemplo se puede clasificar imágenes digitales de letras en las clases «A» a «Z» dependiendo de sus píxeles o se puede clasificar ruidos de cantos de los pájaros en clases de órdenes aviares dependiendo de las frecuencias.

2.2.5. TEOREMA DE NYQUIST-SHANNON

El teorema demuestra que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

Dicho de otro modo, la información completa de la señal analógica original que cumple el criterio anterior está descrita por la serie total de muestras que resultaron del proceso de muestreo. No hay nada, por tanto, de la evolución de la señal entre muestras que no esté perfectamente definido por la serie total de muestras.

Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica $x_a(t)$ es $F_{\max} = B$ y la señal se muestrea a una tasa $F_s > 2F_{\max} \cong 2B$, entonces $x_a(t)$ se puede recuperar totalmente a partir de sus muestras. Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon. (2015, 30 de marzo). Wikipedia.

2.2.6. DEFINICIÓN DE SENSOR INFRARROJO

El sensor es un dispositivo electrónico mecánico químico que mapea un atributo ambiental resultando una medida cuantizada, normalmente un nivel de tensión eléctrica.

Particularmente, el sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible. Sensor infrarrojo. (2014, 10 de noviembre). *Wikipedia*

Diodo emisor de luz infrarroja

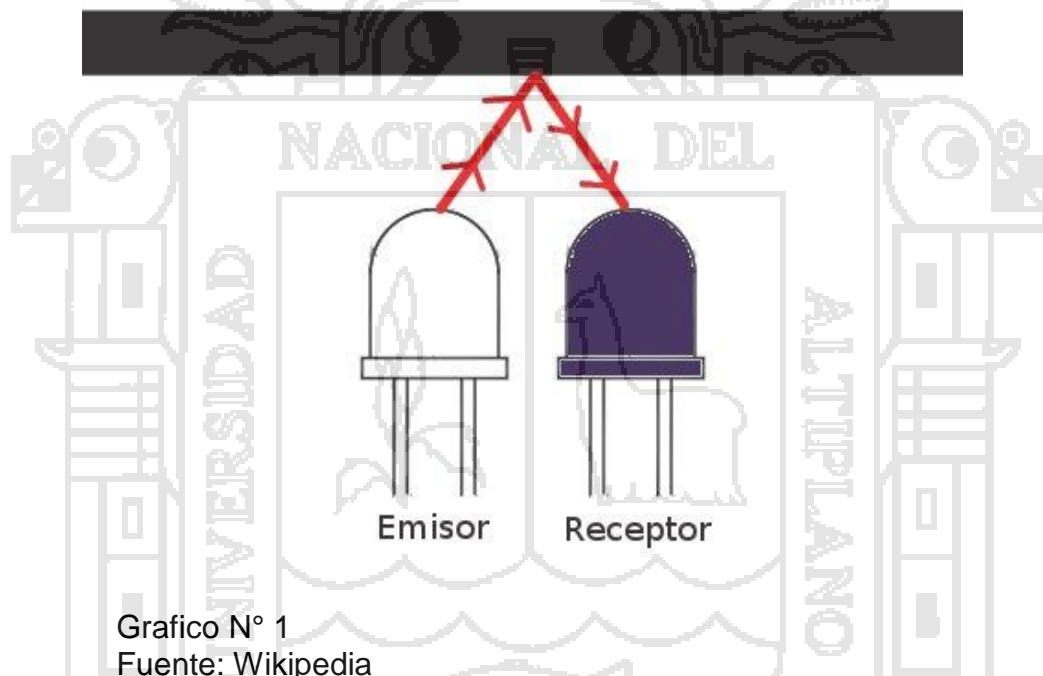


Grafico N° 1
Fuente: Wikipedia

2.2.7. DIODO EMISOR DE LUZ INFRARROJA

El funcionamiento normal consiste en que, en los materiales conductores, un electrón, al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se manifiesta en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. El que esa energía pérdida, cuando pasa un electrón de la banda de conducción a la de valencia, se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de

energía (calor por ejemplo) depende principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona positiva se mueven hacia la zona negativa y los electrones se mueven de la zona negativa hacia la zona positiva; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo.

La emisión espontánea, por tanto, no se produce de forma notable en todos los diodos y solo es visible en diodos como los ledes de luz visible, que tienen una disposición constructiva especial con el propósito de evitar que la radiación sea reabsorbida por el material circundante, y una energía de la banda prohibida coincidente con la correspondiente al espectro visible. En los diodos, la energía se libera principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta. En el caso de que el diodo libere la energía en forma de radiación ultravioleta, se puede conseguir aprovechar esta radiación para producir radiación visible mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes que absorban la radiación ultravioleta emitida por el diodo y posteriormente emitan luz visible.

Este LED emite un tipo de radiación electromagnética llamada infrarroja, que es invisible para el ojo humano porque su longitud de onda es mayor a la del espectro visible.

Espectro visible por el hombre

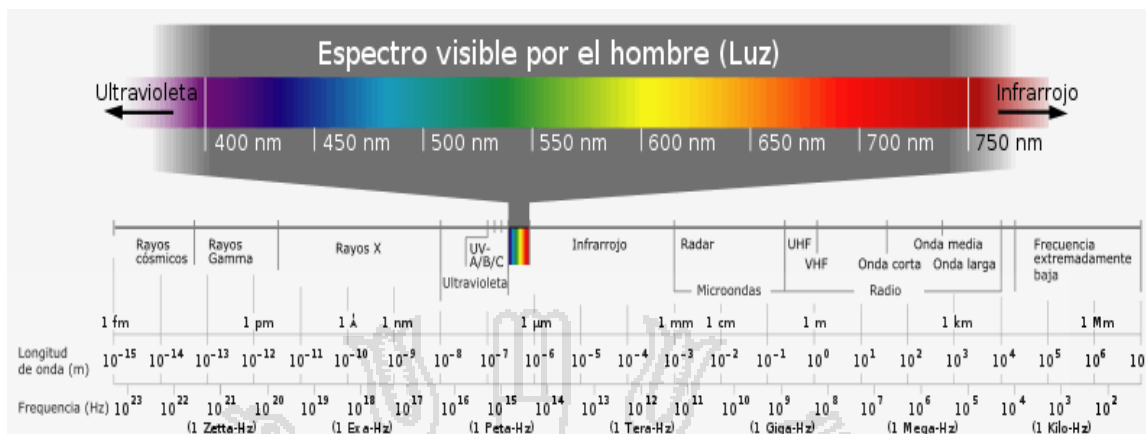


Grafico N° 2
Fuente: circuitos electrónicos.org

Ya que no podremos ver a simple vista si nuestro emisor está funcionando (al polarizarlo), tendremos que comprobarlo utilizando alguna cámara de fotografía o video digital, como la de nuestro celular. (circuitoselectronicos.org/2010/05/)

Diodo emisor de rayos infrarrojos

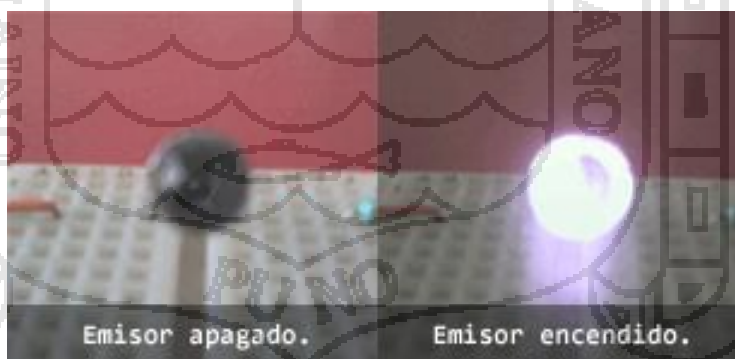


Figura N° 1
Fuente: circuitos electrónicos.org

2.2.8. DIODO RECEPTOR

el sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los

cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

Diodo receptor de rayos infrarrojos



Figura N° 2
Fuente: circuitos electrónicos.org

2.2.9. ZONA DE MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN

El circuito emisor permite emitir la Luz infrarroja en forma pulsante, para este caso se consigue a partir de un oscilador astable en base a un circuito integrado NE555, este circuito permite emitir la luz a una determinada frecuencia , para nuestro caso particular lo diseñaremos a 3 KHZ. para evitar captar luz infrarroja ambiental o simplemente ruido.

El circuito integrado 555 es un circuito integrado de grandes usos en variadas aplicaciones. Inicialmente fue desarrollado por la firma Signetics

DESCRIPCIÓN DE LAS TERMINALES DEL TEMPORIZADOR 555:

Pines del 555.

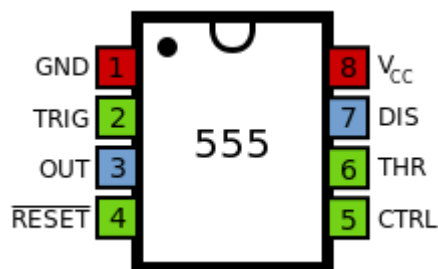


Grafico N° 3

Fuente: WWW.UNICROM

- a) **GND** (normalmente la 1): es el polo negativo de la alimentación, generalmente "tierra o masa".
- b) **Disparo** (normalmente la 2): Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
- c) **Salida** (normalmente la 3): Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monoestable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{cc}) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reset (normalmente la 4).

- d) **Reset** (normalmente la 4): Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a Vcc para evitar que el 555 se "reseteo".
- e) **Control de voltaje** (normalmente la 5): Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde Vcc (en la práctica como Vcc -1 voltio) hasta casi 0 V (aprox. 2 Voltios). Así es posible modificar los tiempos en que la salida es multivibrador astable y como multivibrador monoestable. Puede también configurarse para por ejemplo generar formas de onda tipo Rampa.
- f) **Umbral** (normalmente la 6): Es una entrada a un comparador interno que se utiliza para poner la salida (Pin # 3) a nivel bajo.
- g) **Descarga** (normalmente la 7): Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.
- h) **Voltaje de alimentación (VCC)** (normalmente la 8): es el pin donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 voltios hasta 16 voltios (máximo).
- i) **Multivibrador Astable**

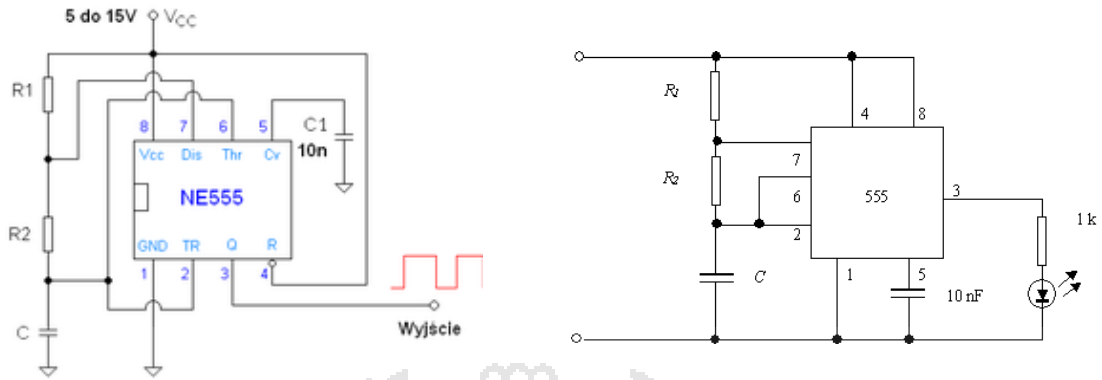


Grafico N° 4
Fuente: WWW.UNICROM

Esquema de la aplicación de multivibrador astable del 555.

Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada (o rectangular) continua de ancho predefinido por el diseñador del circuito. El esquema de conexión es el que se muestra. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo t_1 y un nivel bajo por un tiempo t_2 . La duración de estos tiempos depende de los valores de R_1 , R_2 y C , según las fórmulas siguientes:

$$t_1 = \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C [\text{segundos}]$$

$$t_1 \approx 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

y

$$t_2 = \ln(2) \cdot R_2 \cdot C [\text{segundos}]$$

$$t_2 \approx 0,693 \cdot R_2 \cdot C$$

La frecuencia con que la señal de salida oscila está dada por la

fórmula:
$$f \approx \frac{1}{0,693 \cdot C \cdot (R_1 + 2 \cdot R_2)}$$

El período es simplemente:
$$T = \frac{1}{f}$$

También decir que si lo que queremos es un generador con frecuencia variable, debemos variar la capacidad de condensador, ya que si el cambio lo hacemos mediante los resistores R1 y/o R2, también cambia el ciclo de trabajo o ancho de pulso (D) de la señal de salida según la siguiente expresión:

$$D = \frac{R1 + R2}{(R1 + 2 \cdot R2)}$$

Hay que recordar que el período es el tiempo que dura la señal hasta que ésta se vuelve a repetir ($T_b - T_a$).

- j) **CORRECCIÓN:** Para realizar un ciclo de trabajo igual al 50% se necesita colocar el resistor R1 entre la fuente de alimentación y la terminal 7; desde la terminal 7 hacia el condensador se coloca un diodo con el ánodo apuntando hacia el condensador, después de esto se coloca un diodo con el cátodo del lado del condensador seguido del resistor R2 y este conjunto de diodo y resistor en paralelo con el primer diodo, además de esto los valores de los resistores R1 y R2 tienen que ser de la misma magnitud.
- k) **CIRCUITO RECEPTOR.-** Este circuito permite recibir la luz infrarroja reflejada en la superficie a censar y además amplificar solo la señal de 3 khz, para ello el circuito dispondrá de un filtro pasa banda y un amplificador basado en OPAM.

Estos dos dispositivos pueden ser implementados en dos distintas formas:

- En modo interruptor.
- En modo detector.

Para cada caso lo que cambia es la forma en como está armado el receptor. El transmisor siempre tiene la misma configuración.

I) FILTRO PASABANDA

Está basado en un filtro activo, los filtros activos se componen de resistores, capacitores y dispositivos activos como Amplificadores Operacionales o transistores.

En un filtro activo la salida puede ser de igual o de mayor magnitud que la entrada.



Grafico N° 5

Fuente: Simulación Proteus

El filtro Pasa Banda tiene la siguiente curva de respuesta de frecuencia. Dejará pasar todas las tensiones de la señal de entrada que tengan frecuencias entre la frecuencia de corte inferior f_1 y la de corte superior f_2 . Las tensiones fuera de este rango de frecuencias serán atenuadas y serán menores al 70.7 %

de la tensión de entrada. La frecuencia central de este tipo de filtro se obtiene con la siguiente fórmula:

Curva de respuesta de un filtro pasa banda

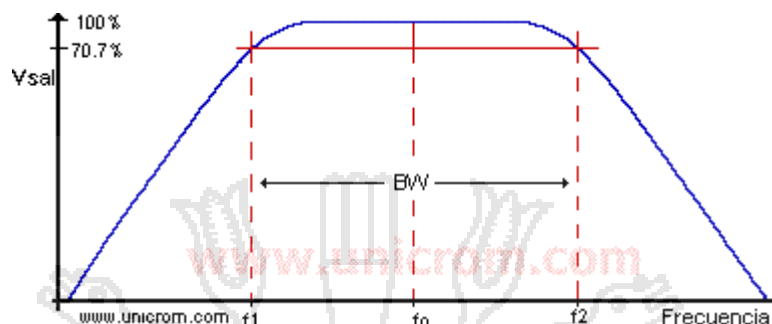


Gráfico N° 6

Fuente: WWW.UNICROM.COM

$$f_o = 1 / [2\pi C \times (R_3 R)^{1/2}]$$

Si se seleccionan los capacitores y resistores de modo que:

$$C_1 = C_2 = C \text{ y } R_1 = R_2 = R$$

El ancho de banda será: $BW = f_2 - f_1 = 1.41 R / [CR^3 (R_3 R)^{1/2}]$

El factor de calidad $Q = f_o / BW$.

Las líneas discontinuas verticales sobre f_1 y f_2 y la línea horizontal del 70.7% representan la respuesta de un filtro pasa banda ideal.

Nota: f_1 y f_2 (frecuencias de corte) son puntos en la curva de transferencia en que salida ha caído 3 dB (decibeles) desde su valor máximo.

m) AMPLIFICADOR MULTIPLICADOR.-

El amplificador inversor.- amplifica e invierte (ver el signo menos) una señal de corriente alterna. En este caso la señal alterna de entrada sale

amplificada en la salida, pero también desfasada 180° (invertida). La ganancia de tensión se obtiene con la fórmula:

$$AV = -V_{sal}/V_{ent} \text{ y } AV = -R_2/R_1$$

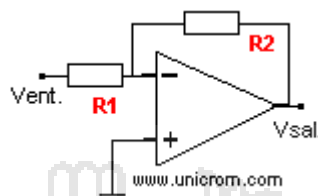


Grafico N° 7
Fuente: WWW.UNICROM.COM

n) RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.-

Cuando se analiza los rectificadores de media onda o rectificador de onda completa para fuentes de alimentación, se puede notar que en casi todos los casos se desprecia la caída de tensión que hay en los diodos (0.7 voltios aprox.).

Rectificador De Media Onda

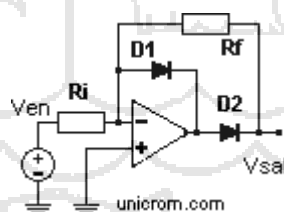


Grafico N° 8
Fuente: WWW.UNICROM.COM

Cuando se rectifica señales alternas de 110 o 220 voltios, despreciar 0.7 voltios no es problema.

Pero cuando se trata de rectificar una señal alterna de una amplitud mucho menor (en el orden de los milivoltios), esta caída en el diodo es importante, y

más, si la señal a rectificar tiene una amplitud menor a la tensión de diodo polarizado en directo (0.7 V.)

Para poder rectificar estas tensiones tan pequeñas, se utiliza un amplificador operacional (Op. Amp.). Ver el gráfico anterior.

Cuando la tensión de entrada es cero: los diodos no están polarizados y se comportan como circuitos abiertos. El amplificador funciona como si estuviera en circuito abierto

Cuando la tensión en la entrada cambia ligeramente hacia un valor negativo, la entrada en el pin inversor del operacional será negativo, causando que la salida sea positiva, así conduce D2 a través de Rf y el diodo D1 no conduce

Nota: En lazo abierto (ver el gráfico anterior) la ganancia del operacional es muy grande (200,000 aproximadamente). Si la tensión en la entrada cambia ligeramente hacia un valor negativo, este valor será amplificado y habrá señal suficiente para polarizar D2.

La señal necesaria para hacer conducir el diodo 2 es:
 $V_{in} = V_o / \text{Ganancia} = 0.7 / -200,000 = -0.35 \times 10^{-15} \text{ Voltios} = -0.35 \text{ micro voltios}$

Acordarse que: $\text{Ganancia} = V_o/V_{in}$

Cuando la señal pasa por el nivel de cero voltios (0 V) (de negativo a positivo):

Nuevamente el D2 se comporta como un circuito abierto, mientras D1 conduce y cierra el lazo de realimentación del amplificador.

Cuando empieza a aplicar el ciclo positivo:
Una pequeña tensión a la entrada mantiene el diodo D2 sin conducir.

La entrada inversora del amplificador operacional se mantiene a tierra virtual y el amplificador es recortado en una caída del diodo por debajo del nivel de tierra, con D2 apagado no circula corriente por R_f y la salida es 0 voltios

En otras palabras, si una pequeña tensión de entrada (microvoltios) es aplicada, se mantiene D2 apagado y el amplificador operacional es llevado a saturación negativa. De esta manera la salida se mantiene en 0 voltios por todo el ciclo positivo de la señal de entrada.

Y..... el ciclo se vuelve a repetir.

2.2.10. ZONA DE CONTROL

a) MICROCONTROLADOR PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena CPU, ésta tenía malas prestaciones de entrada y salida, y el PIC de 8 bits se desarrolló para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la CPU. El PIC utilizaba micro código simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador PIC18F4550

Estos micro controladores son de alta computación rendimiento a un precio económico, con la adición de alta resistencia de programa, Memoria flash mejorada. Además de estas características, el diseño presenta mejoras que hacen que estos micro controladores sean una opción lógica para su uso en este proyecto por su alto rendimiento.

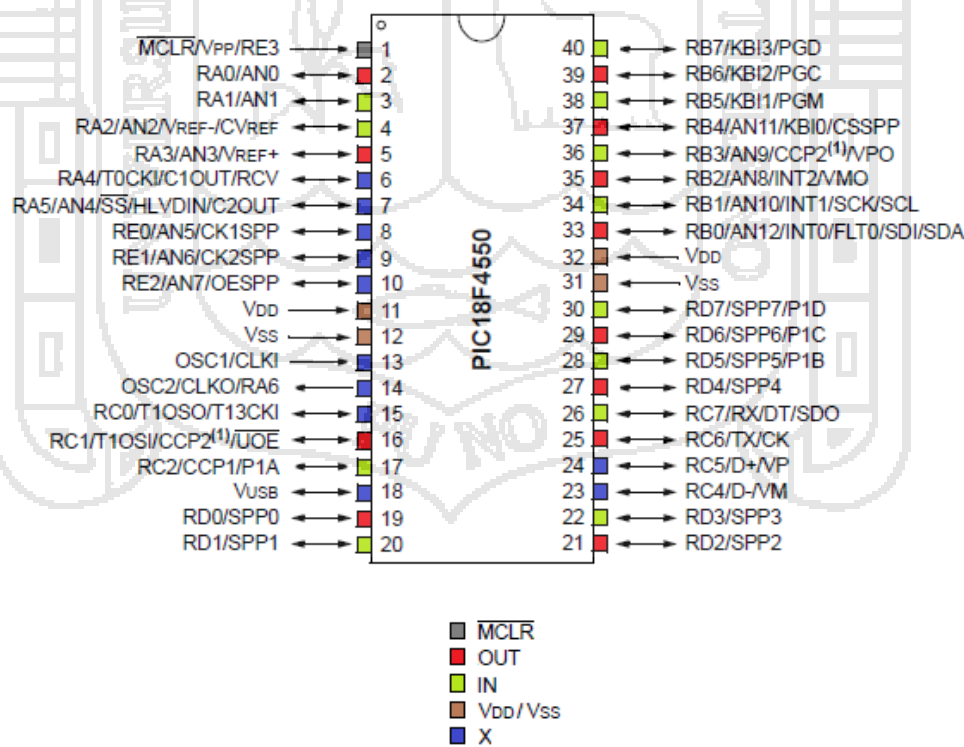


Grafico N° 9
Fuente: Datasheets

b) CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL PIC18F4550

Los dispositivos PIC18F4550 incluyen varias características especiales para maximizar la confiabilidad y reducir el coste al mínimo con la eliminación de componentes externos. Éstos son:

- i. Arquitectura RISC avanzada Harvard: 16-bit con 8-bit de datos.
- ii. Selección del oscilador.
- iii. Monitor de reloj a prueba de fallos.
- iv. Cuenta con 77 instrucciones.
- v. Temporizadores de perro guardián (WDT)
- vi. Hasta 64K bytes de programa (hasta 2 Mbytes en ROMless).
- vii. Hasta 3968 bytes de RAM y 1KBytes de EEPROM
- viii. Frecuencia máxima de reloj 40Mhz. Hasta 10 MIPS.
- ix. Pila de 32 niveles.
- x. Múltiples fuentes de interrupción
- xi. Periféricos de comunicación avanzados (CAN y USB).
- xii. Reset.
- xiii. Reset por subida de tensión (POR)
- xiv. Temporizador de inicio (PWRT)
- xv. Temporizador de inicio del oscilador (OST)
- xvi. Reset por cese de tensión (BOR)

c) PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA

El microcontrolador PIC18F4550 dispone 5 puertos de E/S que incluyen un total de 35 líneas digitales de E/S como se muestra en la figura 1.1 del mismo modo en la siguiente tabla:

PUERTO	LINEAS DE ENTRADA/SALIDA
PORTA	7 LINEAS DE ENTRADA/SALIDA
PORTB	8 LINEAS DE ENTRADA/SALIDA
PORTC	6 LINEAS DE ENTRADA/SALIDA+ 2 LINEAS DE ENTRADA
PORTD	8 LINEAS DE ENTRADA/SALIDA
PORTE	3 LINEAS DE ENTRADA/SALIDA + 1 LINEAS DE ENTRADA

Tabla N° 1
Elaborado: Por el ejecutor
Fuente: Datasheet

Todas las líneas digitales de E/S disponen de al menos una función alternativa asociada a alguna circuitería específica del uC. Cuando una línea trabaja en el modo alternativo no puede ser utilizada como línea digital de E/S estándar.

Cada puerto de entrada y salida tiene asociado tres registros:

- i. Registro TRIS: mediante este registro se configuran cada una de las líneas de E/S del puerto como ENTRADA (bit correspondiente a '1') o como SALIDA (bit correspondiente a '0').
- ii. Registro PORT: mediante este registro se puede leer el nivel de pin de E/S y se puede establecer el valor del latch de salida.
- iii. Registro LAT: mediante este registro se puede leer o establecer el valor del latch de salida.

d) RESET

Los dispositivos PIC18F4550 distinguen entre las distintas clases de reset:

- i. Reset por fallo de energía (POR)
- ii. Reset por MCLR* durante la operación normal
- iii. Reset de MCLR* durante modos ahorro de energía
- iv. Reset por el perro guardián (WDT) (durante ejecución)
- v. Reset por cese de energía (BOR)
- vi. Instrucción RESET
- vii. Reset por desbordamiento la Pila
- viii. Reset por vaciado de la Pila

Esta sección discute los resets generados por MCLR*, POR y BOR y cubre la operación de los varios contadores de tiempo inicio. Registros utilizados:

e) CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL (A/D)

Características fundamentales para que el microcontrolador 18F4550 haga la conversión analógico digital son:

- i. 10 bits de resolución, esto una vez realizada la conversión A/D.
- ii. 13 canales multiplexados
- iii. Señal de reloj de conversión configurable
- iv. Tiempo de adquisición programable (0 a 20TAD)
- v. Posibilidad de establecer el rango de tensiones de conversión mediante tensiones de referencia externas

Por defecto el rango de tensiones de conversión del convertidor A/D del PIC18F4550 es de 0V a 5V. Sin embargo, en ocasiones puede resultar interesante modificar este rango para aumentar la resolución de la conversión

acercando las tensiones de referencia máxima y mínima V_{REF+} y V_{REF-} a los límites de variación de la señal que se desea digitalizar.

f) La señal de reloj de conversión

Se define TAD como el tiempo de conversión de 1 bit. Una operación completa de conversión requiere un total de 11 TAD para 10 bits.

La señal de reloj que genera las temporizaciones TAD puede ser establecida mediante los bits $ADCS2$, $ADCS0$ del registro $ADCON2$. Existen dos fuentes para dicha señal de reloj.

El oscilador principal y una red RC interna que incorpora el propio convertidor A/D. Esta red puede utilizarse cuando se deseen realizar conversiones en modos de bajo consumo. Esta red RC permite que se puedan llevar a cabo conversiones con el oscilador principal desactivado.

g) Establecimiento del tiempo de adquisición

La circuitería interna del convertidor A/D incorpora un condensador de muestreo.

Antes de realizar una conversión debemos asegurarnos de que dicho condensador ha sido totalmente cargado a la tensión del canal seleccionado.

Cuando realizamos un cambio en la selección de canal debemos esperar un tiempo que dependerá de la impedancia de entrada del convertidor A/D y de la impedancia de salida del circuito sobre el que se está haciendo la conversión.

Existen dos opciones para generar este retardo antes de comenzar la conversión:

h) Por programa

Se implementa un retardo software entre la selección del nuevo canal y el inicio de la conversión.

i) Estableciendo un tiempo de adquisición automático

Se programa un tiempo de adquisición que se establecerá de forma automática entre la orden de inicio de conversión y el muestreo de la señal para iniciar la conversión.

j) Almacenamiento del resultado de la conversión A/D

Una vez acabada la conversión A/D el resultado de la misma (un valor de 10 bits) queda almacenado en los registros ADRESH y ADRESL. Existen dos posibles formas de almacenar el resultado en estos registros dependiendo del valor del bit ADFM del registro ADCON2.

k) Canal de comunicación serie eusart

Características fundamentales para el microcontrolador 18F4550 son:

- vi. Modos de trabajo:
- vii. Modo asíncrono de 8 bits
- viii. Modo asíncrono de 9 bits
- ix. Modo síncrono Maestro
- x. Modo síncrono Esclavo
- xi. Auto-activación por detección de dato recibido

xii. Detección automática de velocidad de comunicación (baudrate).

xiii. Transmisión y detección de carácter de BREAK (bus LIN).

2.2.11. ZONA DE ACCIONAMIENTO

ELECTROVALVULA

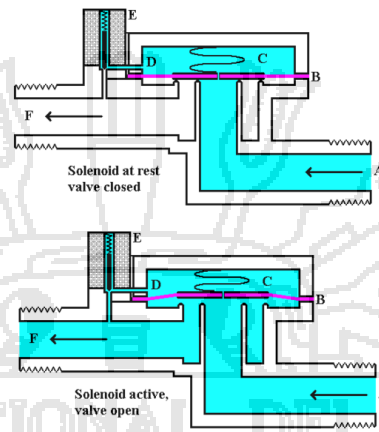


Grafico N° 10
Fuente: WWW.UNICROM

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. CPU: Unidad Central de Procesamiento de datos.

2.3.2. Colorimetría: técnica que consiste en rankear la respuesta a diferentes longitudes de onda de una superficie.

2.3.3. Multiplexar: técnica que consiste en seleccionar diferentes canales de entrada a partir de un solo ADC o convertidor analógico a digital.

2.3.4. khz : Kilohercio

2.3.5. mm : milímetro

2.3.6. Ms : Milisegundo

2.3.7. PAL : Phase Alternation Line

2.3.8. Px : Pixel

2.3.9. RGB : Red, Green, Blue (Modelo de color)

2.3.10. Filtro pasa banda: Circuito que deja pasar solo la señal para la frecuencia calculada.

2.3.11. Modulador: Circuito que permite generar una señal de una determinada amplitud en función de otra señal llamada portadora.

2.3.12. Generador de pulsos. Circuito que permite generar una señal de corriente continua pulsante.

2.3.13. Rectificador de onda completa: Circuito que rectifica la señal alterna en continua.

2.3.14. Amplificador operacional: Circuito de propósito general que según su configuración (conexión con componentes externos) permite realizar operaciones analógicas como multiplicación, Adición, sustracción, integración, derivación, etc de señales analógicas.

2.4. HIPÓTESIS

Es posible determinar y clasificar la quinua de acuerdo a su color de forma automática y que permitirá mejorar el control de calidad en su producción.

2.4.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

a) La luz infrarroja modulada permite reconocer el color de la quinua.

- b) El filtro pasa banda amplifica solo el reflejo de la luz infrarroja modulada que corresponde al color de la quinua.
- c) El prototipo diseñado permite seleccionar la quinua según el color programado en el microcontrolador.

2.5. VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- a) Control y clasificación eficiente de la quinua mediante el reconocimiento del color.

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

- a) Características físicas del grano de quinua.

2.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente: a) Características físicas del grano de quinua,	Interpretación de las características en forma y color de la quinua	Color Brillo	Porcentaje de confiabilidad
		Forma Diametro	Porcentaje de confiabilidad
	Velocidad de procesamiento	Cantidad de granos por minuto	Numérica
Variable dependiente: a) Control y clasificación eficiente de la quinua mediante el reconocimiento del color.	Eficiencia	Velocidad de trabajo	Granos / segundo
		Volumen resultado por hora	Kilogramo de quinua
		Precisión de resultados	Porcentual

Tabla N° 2
Elaborado: Por el ejecutor



3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de propósito aplicativo, corresponde al nivel de investigación Exploratorio, la misma que contribuirá hacer experimentada.

Por la naturaleza del estudio esta investigación es exploratoria y descriptiva debido a que profundiza el análisis y procesamiento de datos.

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al campo de la Automatización e instrumentación

3.1.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Control y automatización

3.1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en si será la producción de quinua en la región de Puno, sin embargo por ser una investigación de tipo aplicativo no se aplicara a una muestra específica.

3.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

El ámbito de estudio para la investigación está fijado en Puno pues esta investigación nace debido a que puno es productor nacional de Quinua orgánica:

Departamento : Puno

Provincia : SAN ROMÁN

Distrito : JULIACA

EMPRESA: FACOMET

3.3 . TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.

- a) **TÉCNICAS.-** Formales
- b) **INSTRUMENTOS.-** Guías de laboratorio,

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- a) **TÉCNICAS:** simulaciones a través del software Proteus.
- b) **ANÁLISIS DE DATOS:** El análisis de datos se realizara a través de los instrumentos virtuales como el osciloscopio, voltímetros.

3.5 PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos se obtendrán de la simulación del modelo, el cual nos permitirá ajustar los parámetros para su posterior implementación.

3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

En vista de tratarse de una investigación en donde se realizo diseño y modelamiento no aplica una prueba de hipótesis, esto en el futuro si se podrá hacer cuando se implemente en base a los diseños y modelos obtenidos.



4.1 MODELAMIENTO DE LA PLANTA

Se siguió el siguiente proceso para poder diseñar y modelar el seleccionador de quinua según el color de la quinua, considerando que la quinua se distribuirá en fila en forma uniforme uno por uno en caída libre.

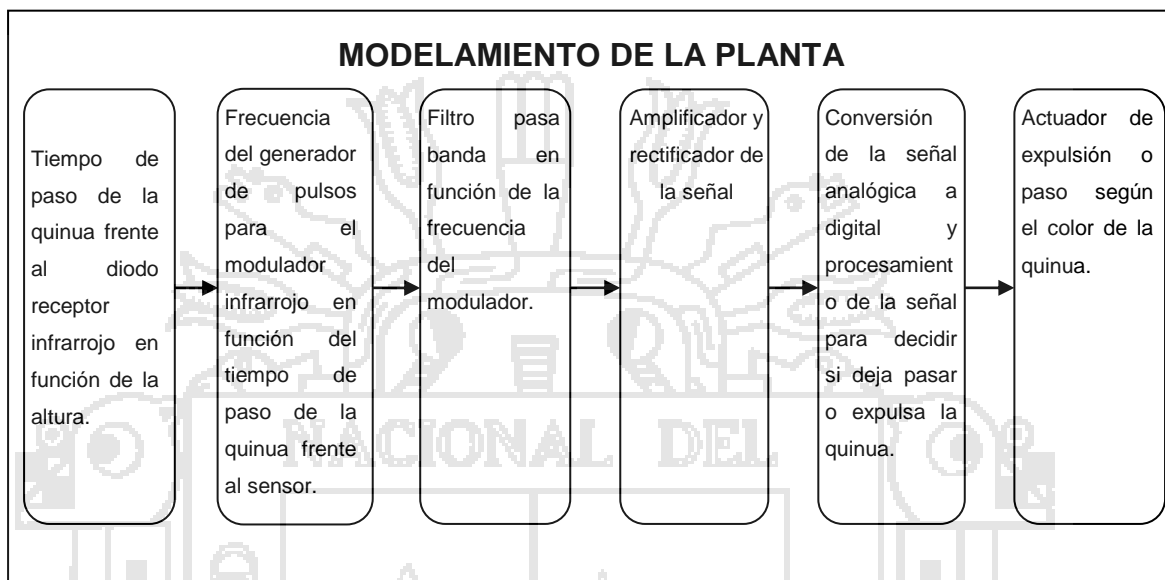


Grafico N° 11
Fuente: Elaboración propia

4.2 CALCULO DEL TIEMPO DE PASO DE LA QUINUA.-

Partimos de la ecuación de caída libre de los cuerpos:

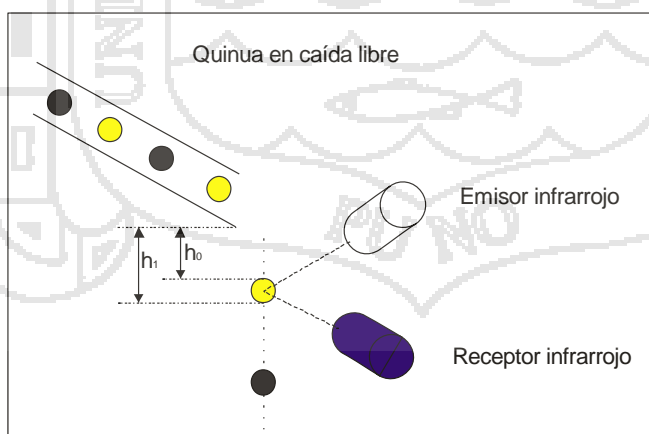


Grafico N° 12
Fuente: Elaboración propia

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots t = \sqrt{2\frac{h}{g}}$$

Donde h = altura, g = gravedad, t = tiempo

De donde el tiempo de paso (t_p) de la quinua a través del sensor será: $t_p = t_{p1} - t_{p0}$

$$t_p = \sqrt{2 \frac{h_1}{g}} - \sqrt{2 \frac{h_0}{g}}$$

Sabiendo que:

$$h_0 = 0.05m.$$

Consideraremos la quinua un tamaño promedio de 2mm

$$h_1 = 0.05m + 0.002m = 0.052m.$$

$$t_p = \sqrt{2 \frac{0.052m}{9.81 \frac{m}{s^2}}} - \sqrt{2 \frac{0.05m}{9.81 \frac{m}{s^2}}} = 0.001999477s.$$

4.3 FRECUENCIA DEL GENERADOR DE PULSOS.

Del cálculo anterior tenemos que $t_p = 0.001999477s$

Este dato representa el periodo con el cual calculamos la frecuencia mínima de modulación.

Entonces tenemos que $f = 1/0.001999477s = 500.1307 \text{ Hz}$.

Considerando el teorema de Nyquist quien dice que la frecuencia de muestreo debe ser al menos 2 veces la frecuencia máxima, consideraremos aproximadamente 6 veces la frecuencia máxima de muestreo redondeándolo a 3000Hz o **3Khz**.

4.4 CIRCUITO EMISOR DE RAYOS INFRARROJOS.-

Este circuito se diseña a partir del PWM del PIC con la siguiente rutina:

```
setup_ccp1(CCP_PWM); // Configure CCP1 para PWM
```

```
long int ix;
```

```
ix=25; // Para una frecuencia de 3khz y un duty cycle del 50%
```

```
setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, ix, 1); //
```

```
set_pwm1_duty(ix*2); //(ix*1);
```

```
delay_ms(5);
```

Está calculado para trabajar a una frecuencia de 3khz

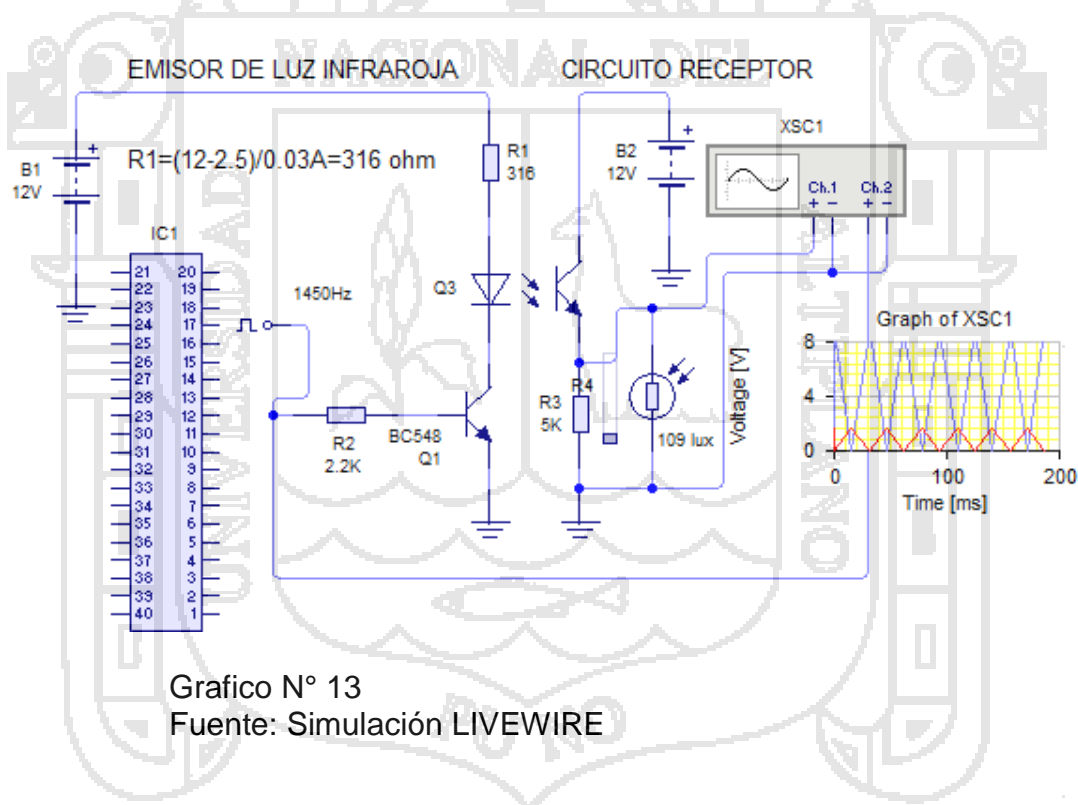


Grafico N° 13
Fuente: Simulación LIVEWIRE

4.5 CIRCUITO RECEPTOR.-

La cantidad de luz reflejada se recoge mediante un LED receptor infrarrojo, cuya señal se acondiciona mediante un amplificador con ganancia 1200 según la siguiente relación : $-V_0 = R_5/R_6$

$$-v_0 = 1200K/1K = 1200$$

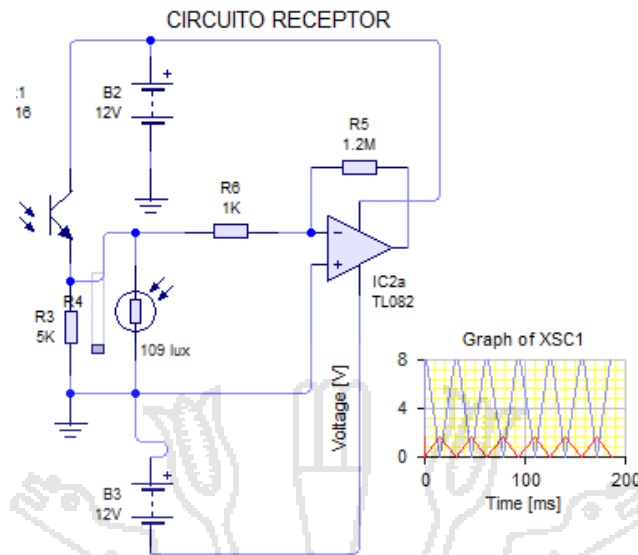


Grafico N° 14
Fuente: Simulación LIVEWIRE

Este circuito permite recibir la luz infrarroja reflejada en la superficie a censar y además amplifica la señal.

4.6 FILTRO PASA BANDA

Esta basado en un filtro activo, los filtros activos se componen de resistores, capacitores y dispositivos activos como Amplificadores Operacionales o transistores.

En un filtro activo la salida puede ser de igual o de mayor magnitud que la entrada.

El filtro Pasa Banda tiene la siguiente curva de respuesta de frecuencia. Dejará pasar todas las tensiones de la señal de entrada que tengan frecuencias entre la frecuencia de corte inferior f_1 y la de corte superior f_2 . Las tensiones fuera de este rango de frecuencias serán atenuadas y serán menores al 70.7 %

de la tensión de entrada. La frecuencia central de este tipo de filtro se obtiene con la siguiente fórmula:

$$f_0 = 1 / [2\pi C \times (R_3R)^{1/2}]$$

Curva de respuesta de un filtro pasa banda

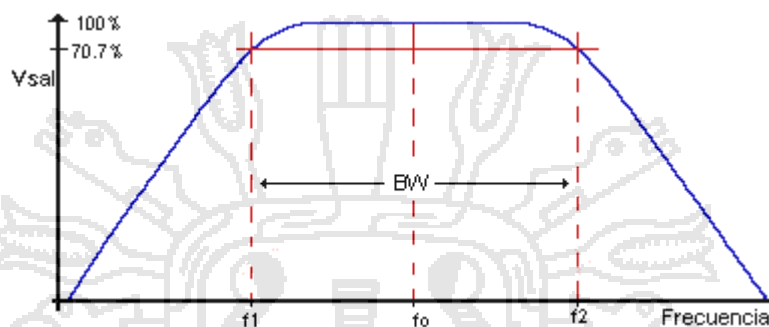


Gráfico N° 15

Fuente: Simulación Proteus

Si se seleccionan los capacitores y resistores de modo que: $C_1 = C_2 = C$

y

$$R_1 = R_2 = R$$

El ancho de banda será: $BW = f_2 - f_1 = 1.41 R / [CR_3 (R_3R)^{1/2}]$

El factor de calidad $Q = f_0 / BW$.

Las líneas discontinuas verticales sobre f_1 y f_2 y la línea horizontal del 70.7% representan la respuesta de un filtro pasa banda ideal.

Nota: f_1 y f_2 (frecuencias de corte) son puntos en la curva de transferencia en que salida ha caído 3 dB (decibeles) desde su valor máximo.

El filtro se diseño con ayuda del software Filter Pro el cual se mostrara en los anexos con mas detalle:

Design Name: Bandpass, Multiple Feedback, Butterworth Part: Ideal
Opamp Order: 2 Stages: 1 Gain: 40 V/V (32.0411998265592 dB) Allowable
PassBand Ripple: 1 dB Center Frequency: 3 kHz Corner Frequency
Attenuation: 29.041 dB Passband Bandwidth: 500 Hz

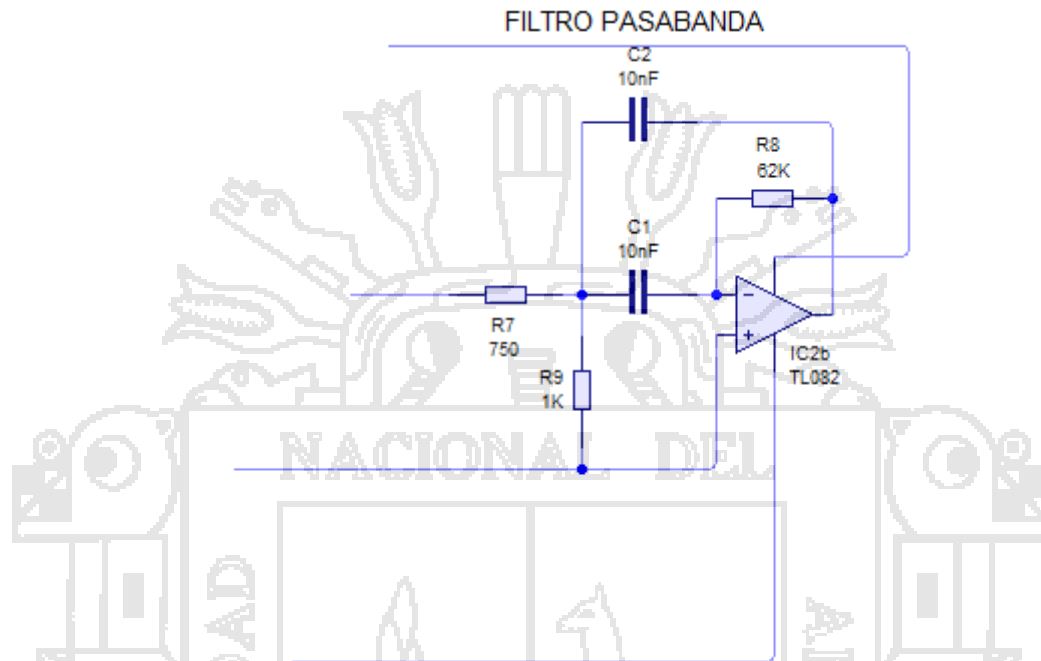


Grafico N° 16
Fuente: Simulación Livewire

4.7 AMPLIFICADOR MULTIPLICADOR.-

El amplificador inversor amplifica e invierte (ver el signo menos) una señal de corriente alterna. En este caso la señal alterna de entrada sale amplificada en la salida, pero también desfasada 180° (invertida). La ganancia de tensión se obtiene con la fórmula:

$$AV = -V_{sal}/V_{ent} \text{ y } AV = -R_2/R_1$$

Para nuestro caso $AV = -1000/1000 = -1$, lo que implica una ganancia unitaria

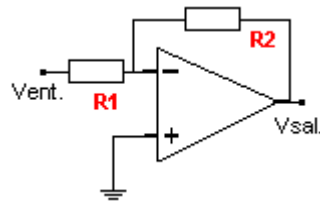


Grafico N° 17
Fuente: Simulación Proteus

4.8 RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.-

Cuando se analiza los rectificadores de media onda o rectificador de onda completa para fuentes de alimentación, se puede notar que en casi todos los casos se desprecia la caída de tensión que hay en los diodos (0.7 voltios aprox.).

Esquema de un rectificador de media onda

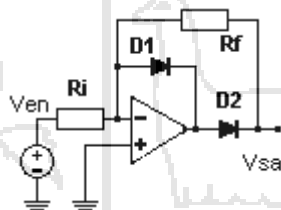


Grafico N° 18
Fuente: Simulación Proteus

Cuando se rectifica señales alternas de 110 o 220 voltios, despreciar 0.7 voltios no es problema, pero cuando se trata de rectificar una señal alterna de una amplitud mucho menor (en el orden de los milivoltios), esta caída en el diodo es importante, y más, si la señal a rectificar tiene una amplitud menor a la tensión de diodo polarizado en directo (0.7 V.)

Para poder rectificar estas tensiones tan pequeñas, se utiliza un amplificador operacional (Op. Amp.). Ver el gráfico anterior.

Cuando la tensión de entrada es cero: los diodos no están polarizados y se comportan como circuitos abiertos. El amplificador funciona como si estuviera en circuito abierto

Cuando la tensión en la entrada cambia ligeramente hacia un valor negativo, la entrada en el pin inversor del operacional será negativo, causando que la salida sea positiva, así conduce D2 a través de Rf y el diodo D1 no conduce.

Nota: En lazo abierto (ver el gráfico anterior) la ganancia del operacional es muy grande (200,000 aproximadamente). Si la tensión en la entrada cambia ligeramente hacia un valor negativo, este valor será amplificado y habrá señal suficiente para polarizar D2.

La señal necesaria para hacer conducir el diodo 2 es:
 $V_{in} = V_o / \text{Ganancia} = 0.7 / -200,000 = -0.35 \times 10^{-15} \text{ Voltios} = -0.35$
 microvoltios, Acordarse que: $\text{Ganancia} = V_o/V_{in}$

Esquema de un rectificador de media onda

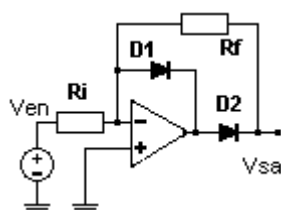


Grafico N° 19
Fuente: Simulación Proteus

Cuando la señal pasa por el nivel de cero voltios (0 V) (de negativo a positivo), nuevamente el D2 se comporta como un circuito abierto, mientras D1 conduce y cierra el lazo de realimentación del amplificador.

Cuando empieza a aplicar el ciclo positivo: Una pequeña tensión a la entrada mantiene el diodo D2 sin conducir, La entrada inversora del amplificador operacional se mantiene a tierra virtual y el amplificador es recortado en una caída del diodo por debajo del nivel de tierra, con D2 apagado no circula corriente por R_f y la salida es 0 voltios

En otras palabras, si una pequeña tensión de entrada (microvoltios) es aplicada, se mantiene D2 apagado y el amplificador operacional es llevado a saturación negativa. De esta manera la salida se mantiene en 0 voltios por todo el ciclo positivo de la señal de entrada.

Y..... el ciclo se vuelve a repetir.

Prototipado filtro pasa banda

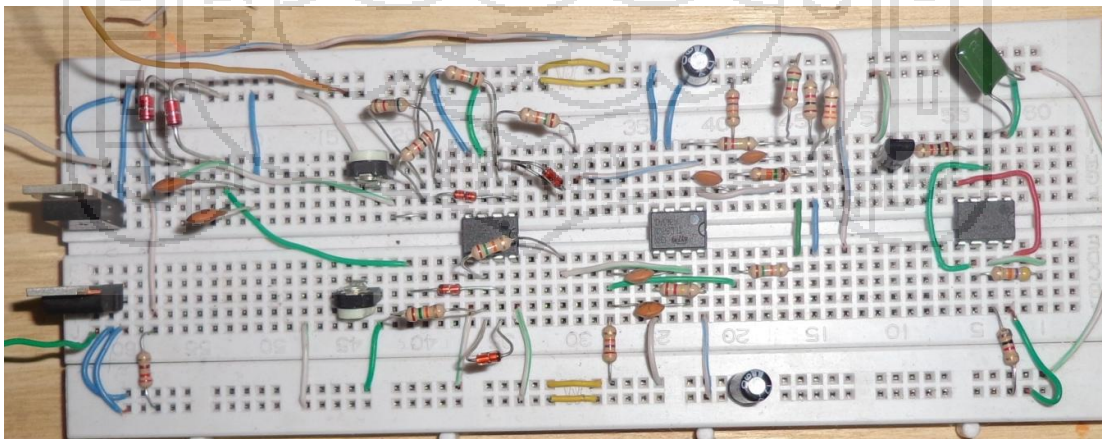


Figura N° 3
Fuente: elaboración propia

Circuito filtro pasa banda

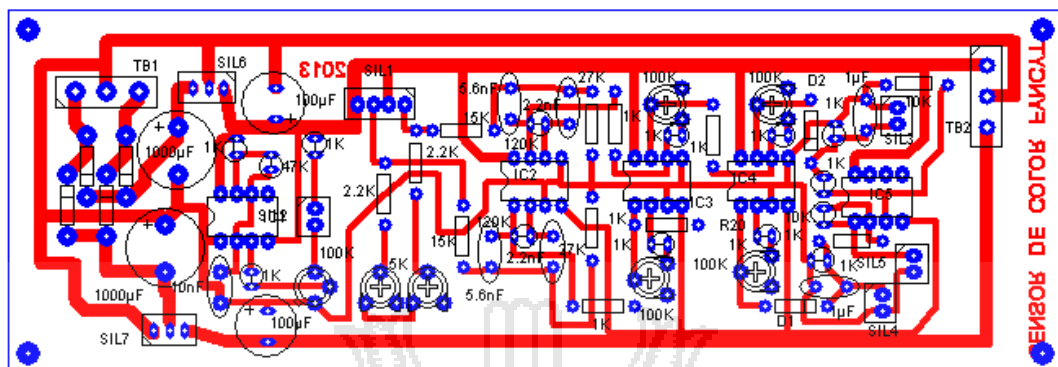


Grafico N° 20
Fuente: Simulación LIVEWIRE

Circuito filtro pasa banda pictórico

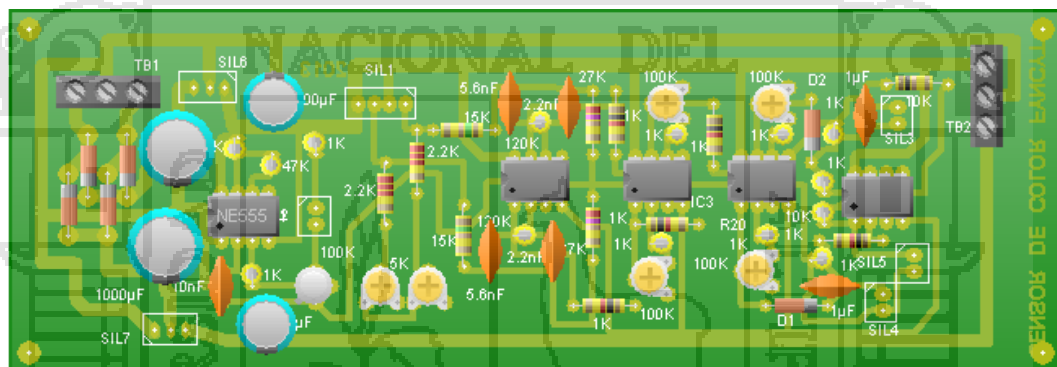


Grafico N° 21
Fuente: Simulación LIVEWIRE

CIRCUITO COMPLETO DE LA ETAPA DE CENSADO

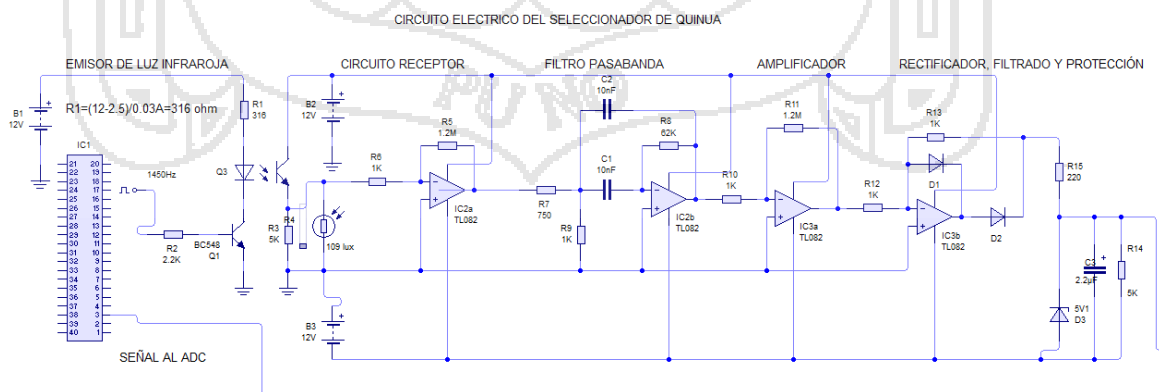


Grafico N° 22
Fuente: Simulación LIVEWIRE

4.9 ZONA DE CONTROL

En la etapa de control se utilizo un microcontrolador PIC 18F4550 de la familia de Microchip, corriendo con un cristal de 20 MHZ, se utilizo un puerto ADC del PIC para leer la señal amplificada y rectificada proveniente del filtro, de esa forma se pudo leer el valor en vacio, luego el valor de una quinua blanca y el valor de la quinua negra, dichos valores se almacenan en la memoria EEprom del pic y son leídas para comparar durante el censado, a su vez se establecen por software los rangos a tolerar.

Enseguida se procede a expulsar la quinua según la decisión tomada por el microcontrolador en función de las comparaciones realizadas.

4.10 SOFTWARE DESARROLLADO

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PIC 18F4550

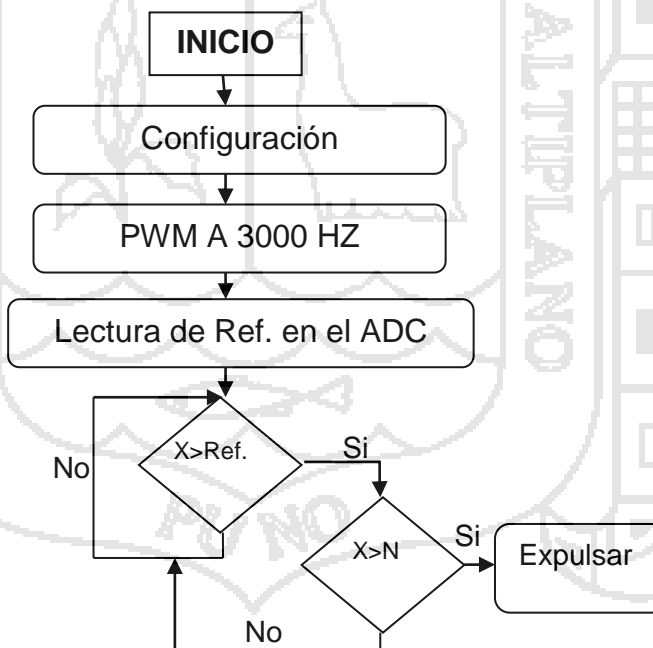


Grafico N° 23
Fuente: Elaboración propia

SOFTWARE DE PROCESAMIENTO DE DATOS

```
// *****
//                                     PicUSB.c
```

```

// UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
// FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
// SISTEMAS
// ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
// "DISEÑO Y MODELAMIENTO DE UNA SELECCIONADORA DE QUINUA POR
// COLOR"
// PRESENTADO POR:
// Bach. JUAN VICENTE JIHUALLANCA QUISPE
// PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO
// *****
#include <18F4550.h> //trabaja con el pic 18f4550
#define adc=10
#define fuses HS,NOPROTECT,NOLVP //,PLL5,CPUDIV1,VREGEN
#define FUSES NOWDT //No Watch Dog Timer
#define FUSES NOBROWNOUT //No brownout reset
#define FUSES PUT //Power Up Timer
#define FUSES NOCPD //No EE protection
#define FUSES NODEBUG //No Debug mode for ICD
#define FUSES NOLVP //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O
#define FUSES NOWRT //Program memory not write protected
#define FUSES NOWRTD //Data EEPROM not write protected
#define FUSES NOIESO //Internal External Switch Over mode disabled
#define FUSES NOFCMEN //Fail-safe clock monitor disabled
#define FUSES NOWRTC //configuration not registers write protected
#define FUSES NOWRTB //Boot block not write protected
#define FUSES NOEBTR //Memory not protected from table reads
#define FUSES NOEBTRB //Boot block not protected from table reads
#define FUSES NOCPB //No Boot Block code protection
#define FUSES MCLR //Master Clear pin enabled
#define FUSES NOUSB DIV //USB clock source comes from primary oscillator
#define FUSES NOVREGEN //USB voltage regulator disabled
#define use delay(clock=20000000) // Cristal de 20MHz
#include <lcd.c>
#include <float.h>
#include <math.h>
long int aint=0;
#define int_AD
void AD_isr(void)
{
aint=0;

```

```

disable_interrupts(global);
}
// *****
// Definición de Salidas
// *****
#define LED0    PIN_C0    // Led Amarillo
#define LED1    PIN_C2    // Led Verde
#define b1      input(PIN_A2)  //
#define b2      input(PIN_A3)  //
#define b4      input(PIN_A4)  //
#define ON      output_high(PIN_E2) // Expulsa la quinua
#define OFF     output_low(PIN_E2)  // Apaga el expulsor
#define CAMBIA_LED output_toggle // Conmuta salida
#define Pfaja   output_high(PIN_A5) // Prende la faja transportadora
#define Afaja   output_low(PIN_A5)
#define Psinfin output_high(PIN_E0) // Prende la faja transportadora
#define Asinfin output_low(PIN_E0)
//#define Qblan output_low(PIN_B4),output_high(PIN_B3);
//#define Qneg  output_low(PIN_B3),output_high(PIN_B4);
//#define Qstop output_low(PIN_B4),output_low(PIN_B3);
#define ONCEB  output_high(PIN_E1)
#define OFCEB  output_low(PIN_E1)
#define ONR    output_high(PIN_B5)
#define OFR    output_low(PIN_B5)
#define ONB    output_high(PIN_B4)
#define OFB    output_low(PIN_B4)
#define ONG    output_high(PIN_B3)
#define OFG    output_low(PIN_B3)
#define OFLUZ  output_high(PIN_C2)
#define ONLUZ  output_low(PIN_C2)
// xxxxxxxxxxxxxxx Declaracion de subrutinas xxxxxxxxxxxxxxxxxx
void adc0();
void configura();
void inicio();
void selec1();
void soltob();
void Guardar();
// void Referencia();
Void leerG();
void Vfaja();

```



```

void seleccion();
void sfaja();
void Qblanca();
void Qnegra();
void Enegro();
void Gconfig();
void config();
Void sensado();
void sub();
void Leprom();
void configauto();
// xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
// xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void write_eeprom_16bits(int address, long* val)
{
int pLow, pHigh;
pLow = val;
pHigh = val>>8;
write_eeprom(address,pHigh);
delay_ms(12);
++address;
write_eeprom(address,pLow);
delay_ms(12);
}
long read_eeprom_16bits(int address)
{
int pLow, pHigh;
long result;
pHigh = read_eeprom(address);
++address;
pLow = read_eeprom(address);
result=(pHigh<<8);
result+=pLow;
return result;
}
// *****
// Declaracion de variables
// *****

long int i = 0;
long int x=0;

```

```
    long int y=0;
    long int color;
    long int vqb;
    long int vqn;
    long int vqp;
    long int Qb;
    long int Cqb;
    long int Cqn;
    long int Qn;
    long int Qp;
    long int adc;
    long int CqbE;
    long int CqnE;
    float Qsen;
    long int a1;
    long int Cf;
    long int CB;
    long int ix;
    //xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
    // *****
    // Inicio de Rutina
    // *****
void main()          // Función Principal
{
    configura();
    while(1)
    {
        inicio();
        if(b1) // Entra a seleccionar quinua
        {
            soltob();
            seleccion();
            leerG();
        }
        if(b2) // Configura el sistema
        {
            soltob();
            Vfaja(); //devuelve el color de la faja Cf
            config();
            //Gconfig();

```

```

    }
    if(b4) // Lee datos guardados
    {
        soltob();
        leerG();
    }
    Afaja;
    Asinfin;
}
} //fin de bucle principal infinito
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void configura()
{
    set_tris_a(0xff);
    set_tris_b(0x00); // Nibble alto entradas, el bajo salidas
    set_tris_c(0x00); //por defecto ya esta como salida
    set_tris_d(0x00);
    set_tris_e(0xff);
    setup_adc_ports(AN0_TO_AN1|VSS_VDD); // Asigna el conversor A/D
    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_16); // Selecciona el oscilador interno
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_wdt(WDT_OFF);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_timer_3(T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    //enable_interrupts(INT_AD);
    //enable_interrupts(GLOBAL);
    setup_ccp1(CCP_PWM); // Configure CCP1 as a PWM
    set_adc_channel(1);
    delay_us(10);
    ix=25; //9; //53; 30 25 = 3khz
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, ix, 1); // para lograr la frecuenci de 31.125Khz
    set_pwm1_duty(ix*2); //(ix*1);
    delay_ms(5);

```

```

adc=Cqb=Cqn=vqb=vqn=vqp=color=Qb=Qn=CqbE=CqnE=Qp=Qsen=CB=ix=0;
// Inicializamos las variables
vqb=20;    // Valor maximo de la quinua blanca
vqp=40;    // Valor maximo de la quinua ploma
vqn=70;    // Valor de la quinua negra
OFCEB;
OFR;
OFB;
OFG;
ONR;
ONLUZ;
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void inicio()
{
  OFF;
  //QSTOP;
  Afaja;
  Asinfin;
  lcd_init();          // Inicializamos el LCD
  lcd_putc("\fSELEC DE QUINUA \nV.25.5 INIA 2015"); // Enviamos el mensaje
  delay_ms(1500);
  lcd_init();
  lcd_putc("\fElija una opcion\n1  2  3  4");
  delay_ms(1000);
  while(!(b1)&&(input(PIN_A3)) &&(input(PIN_A4)))
  {
    lcd_init();
    lcd_putc("\f1 Escojer quinua\n2 Configurar");
    x=0;
    while(!(b1)&&(input(PIN_A3)) &&(input(PIN_A4))&&(x<50))
    {
      delay_ms(10);
      x=x+1;
    }
    lcd_init();
    lcd_putc("\f3 Reiniciar\n4 Ver dat guard.");
    x=0;
    while(!(b1)&&(input(PIN_A3)) &&(input(PIN_A4))&&(x<50))
    {

```

```

        delay_ms(10);
        x=x+1;
    }
}
selec1();
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void adc0()
{
    Qp=0;
    aint=1;
    //setup_adc_ports(AN0_TO_AN1); // Asigna el conversor A/D
    set_adc_channel(1);
    // while(aint=1)
    //{
    //Qp=Qp+1;
    //}
    delay_us(25);
    adc=read_adc();
    enable_interrupts(int_ad);
    enable_interrupts(global);
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void selec1()
{while(!b1&&!b2 &&!b4)
{
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void soltob()
{
while(!(!b1&&!b2 &&!b4))
{
}
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void Guardar()
{
Afaja;
Asinfin;
}

```

```
lcd_init();
lcd_putc("\fEl conteo se\ngrabara correctamente"); // Enviamos el mensaje
delay_ms(1000);
write_eeprom_16bits(10,Cqb);
write_eeprom_16bits(20,Cqn);
delay_us(12);
lcd_init();
lcd_putc("\fEl conteo se\ngrabo correctamente"); // Enviamos el mensaje
delay_ms(500);
CqbE=read_eeprom_16bits(10);
CqnE=read_eeprom_16bits(20);
lcd_init();
printf(lcd_putc"\fQb= %Lu\nQn= %Lu",CqbE,CqnE);
delay_ms(1000);

while(!b1)
{
}
// }
lcd_init();
lcd_putc("\fFinalizando sist\nApague el equipo"); // Enviamos el mensaje
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Void leerG()
{
CqbE=read_eeprom_16bits(10);
CqnE=read_eeprom_16bits(20);
lcd_init();
printf(lcd_putc"\fQb= %Lu\nQn= %Lu",CqbE,CqnE);
delay_ms(1000);
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void seleccion()
{
lcd_init();
lcd_putc("\fSeleccionando\nQuinoa"); // Enviamos el mensaje
Cf=read_eeprom_16bits(30);;
Qb=read_eeprom_16bits(40);
Qn=read_eeprom_16bits(50);
x=(Qn-Cf)/4;
```

```

Y=(Qb-Qn)/2;
Pfaja;
delay_ms(10);
Psinfin;
delay_ms(10);
while(!b1)
{
while(!b1)      // Se compara si esta activado el modo seleccion
{
      // Inicia rutina
adc0();// Lee el valor en adc0 y devuelve en adc el valor
delay_us(10);
if((adc<(x))&&!b1)) //Entra a esta rutina si no detecta algun producto
{
sfaja();
}
Afaja;
Asinfin;
sensado();
Qblanca();
Qnegra();
Pfaja;
Psinfin;//Enegro();
OFF;
}
OFF;
}
lcd_init();
lcd_putc("\f1 guardar c\n4 salir sin guar");
soltob();
while(!b1&&!b4)
{
}
if(b1) // Entra a guardar
{
  Guardar();
}
if(b4) // Entra a
{
  soltob();
  lcd_init();
}

```

```

        lcd_putc("\fFinalizando sist\nApague el equipo");
    }
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
// REVISAS SI NO HAY QUINUA HASTA QUE APAREZCA UNA QUINUA
void sfaja()
{
    OFF;          // Apaga el expulsor
    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\fFaja vacia \nB=%Lu N=%Lu ", Cqb, Cqn);    // Visualiza el estado
    delay_us(10);        // Retardo
    Pfaja;
    delay_us(10);
    Psinfin;
    delay_us(50);
    while ((adc<x)&&(!b1))    // se repite el proceso si no hay quinua blanca
    {
        CB=CB+1;
        while((CB>6000)&&(CB<6002))
        {
            ONCEB;
            CB=CB+1;
        }
        while((CB>6500)&&(CB<6502))
        {
            OFCEB;
            CB=0;
        }
        delay_us(1000);
        adc=0;
        adc0();    // Lee el valo en adc0 y devuelve en adc el valor
    }
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
// REVISAS SI HAY QUINUA BLANCA
void Qblanca()
{
    if((Qsen>(Qn+y))&&(!b1))    // Se compara si hay quinua blanca
    {
        ON;
    }
}

```



```

Cqb = Cqb+1; // Apaga el expulsor
lcd_init();
lcd_putc("\fUna quinua blanca");
printf(lcd_putc, "\nB=%Lu N=%Lu ", Cqb, Cqn); // Visualiza el estado
delay_ms(100);
OFF;
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void Qnegra() //REVISAS SI HAY QUINUA NEGRA HASTA QUE PASE
{
if((Qsen<=(Qn+y))&&(Qsen>=x)&&(!b1)) // Se compara si hay quinua negra
{
Cqn = Cqn+1;
lcd_init();
lcd_putc("\fExpulsando quinua N");
printf(lcd_putc, "\nB=%Lu N=%Lu ", Cqb, Cqn); // Visualiza el estado
delay_ms(30);
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void Enegro()
{
// REVISAS SI CONTINUA EN ESTADO NEGRO HASTA QUE CAMBIE LA
SITUACION
if((adc<(Qn-x))&&(!b1)) // Se compara si hay quinua negra
{
ON; // prende el expulsor
lcd_init();
lcd_putc("\fNo hay quinua");
printf(lcd_putc, "\nB=%Lu N=%Lu ", Cqb, Cqn); // Visualiza el estado
while ((adc<(Qn-x))&&(!b1)) // se repite el proceso si hay quinua blanca
{
adc0(); // Lee el valor en adc0 y devuelve en adc el valor
}
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void sub()
{

```



```
Leprom();  
while(b2)  
{  
}  
while(!b1)  
{  
  if(b4)  
  {  
    delay_ms(10);  
    if(b4&&x<1023)  
    {  
      x=x+1;  
      Leprom();  
      delay_ms(30);  
    }  
  }  
  if(b2)  
  {  
    delay_ms(10);  
    if(b2&&x>1)  
    {  
      x=x-1;  
      Leprom();  
      delay_ms(30);  
    }  
  }  
}  
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  
void Leprom()  
{  
  //x=read_eeprom(RGB);  
  lcd_init();  
  printf(Lcd_putc"\f2 dism 4 aumen\nValor Q= %Lu ",x);  
}  
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx  
Void sensado()  
{  
  Qsen=0;
```

```

a1=0;
while ((adc>=(x))&&!b1) //&&(Qsen<64000)           // se repite el proceso si la
referencia a cambiado
{
    Qsen=adc+Qsen;
    a1=a1+1;
    adc=0;
    adc0();          // Lee el valo en adc0 y devuelve en adc el valor
}
Qsen=Qsen/a1;
a1=0;
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void Vfaja() //devuelve el color de la faja Cf
{
    Pfaja;
    Psinfin;
    lcd_init();
    lcd_puts("\fObteniendo color\nDe la referencia");
    Cf=0;
    while(b4)
    {
    }
    while(!b4)
    {
        adc=0;
        adc0();
        //lcd_init();
        if(adc>Qb)
        {
            Qb=adc;
        }
    }
    lcd_init();
    printf(lcd_puts"\fPres 4 para continuar\nRef= %Lu Nc=%Lu ",adc,Qb);
}
a1=10;
while(a1>0)
{
    adc0();
    Cf=Cf+adc;
}

```

```

        a1=a1-1;
        delay_us(10);
    }
    Cf=Cf/10;
    lcd_init();
    printf(lcd_putc"\fGrabo color de\nla ref.= %Lu ",Qb);
    delay_ms(1000);
    write_eeprom_16bits(30,Qb);
    delay_us(12);
}

//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void Gconfig()
{
    while(b1)
    {
    }
    x=read_eeprom_16bits(40);
    if(x>1200)
    {
        write_eeprom_16bits(40,20);
        write_eeprom_16bits(50,8);
    }
    //iiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiii

    lcd_init();
    lcd_putc("\fConf. Q. Blanca\n 1 para grabar"); // Enviamos el mensaje
    delay_ms(1000);
    x=read_eeprom_16bits(40);
    while (!b1) //
    {
        sub(); //
        delay_ms(10);
        printf(lcd_putc,"\nCqb=%Lu      ",x); // Visualiza el estado
    }
    while(b1)
    {
    }
    lcd_init();
}

```

```

lcd_putc("\fLa config. se\ngrabara correctamente"); // Enviamos el mensaje
delay_ms(1000);
write_eeprom_16bits(40,x);
delay_us(12);
lcd_init();
lcd_putc("\fConf. Q. negra\n 1 para grabar"); // Enviamos el mensaje
delay_ms(1000);
x=read_eeprom_16bits(50);
while (!b1) // se repite el proceso si hay quinua blanca
{
    sub(); // Lee el valor en adc0 y devuelve en adc el valor
    delay_ms(10);
    printf(lcd_putc, "\nCqb=%Lu", x); // Visualiza el estado
}
while(b1)
{
    lcd_init();
    lcd_putc("\fLa config. se\ngrabara correctamente"); // Enviamos el mensaje
    delay_ms(1000);
    write_eeprom_16bits(50,x);
    delay_us(12);
    lcd_init();
    lcd_putc("\fSe configuro y\ngrabo correctamente"); // Enviamos el mensaje
    delay_ms(1000);
    Cf=read_eeprom_16bits(30);
    Qb=read_eeprom_16bits(40);
    Qn=read_eeprom_16bits(50);
    lcd_init();
    printf(lcd_putc "\fCf= %Lu\nQb= %Lu Qn= %Lu", Cf, Qb, Qn);
    delay_ms(1000);
    while(!b1)
    {
    }
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
void config()
{
    lcd_init();
    lcd_putc("\f1 Config manual\n4 Config autom");

```

```

while(!b1&&!b4)
{
}
if(b1)
{
Gconfig();
}
if(b4)
{
configauto();
}
}
//XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
void configauto()
{
while(b4)
{
}
Pfaja;
CF=CF+(CF/2);
lcd_init();
lcd_putc("\fRec quinua blanc\nSuelta quinuas");
delay_ms(1000);
while(!b2)
{
while ((adc<=(CF))&&!b1) // se repite el proceso si no hay quinua blanca
{
adc0();
}
Qsen=0;
a1=0;
while ((adc>(CF))&&!b1) // se repite el proceso si la
referencia a cambiado
{
Qsen=adc+Qsen;
a1=a1+1;
adc=0;
adc0(); // Lee el valo en adc0 y devuelve en adc el valor
}
if(a1>5)

```

```

{
  Qb=Qsen/(a1);
  lcd_init();
  printf(lcd_putc"fQuinoa medida\nQb= %Lu Nc= %Lu",Qb,a1);
  //delay_ms(1000);
}
a1=0;
}
}
    
```

El sistema de expulsión de la etapa de expulsión, se basa en un circuito con el PIC 18f4550 donde funciona el software mostrado ver figura 3.4.1 y 3.4.2

SIMULACIÓN DE LA SELECCIÓN

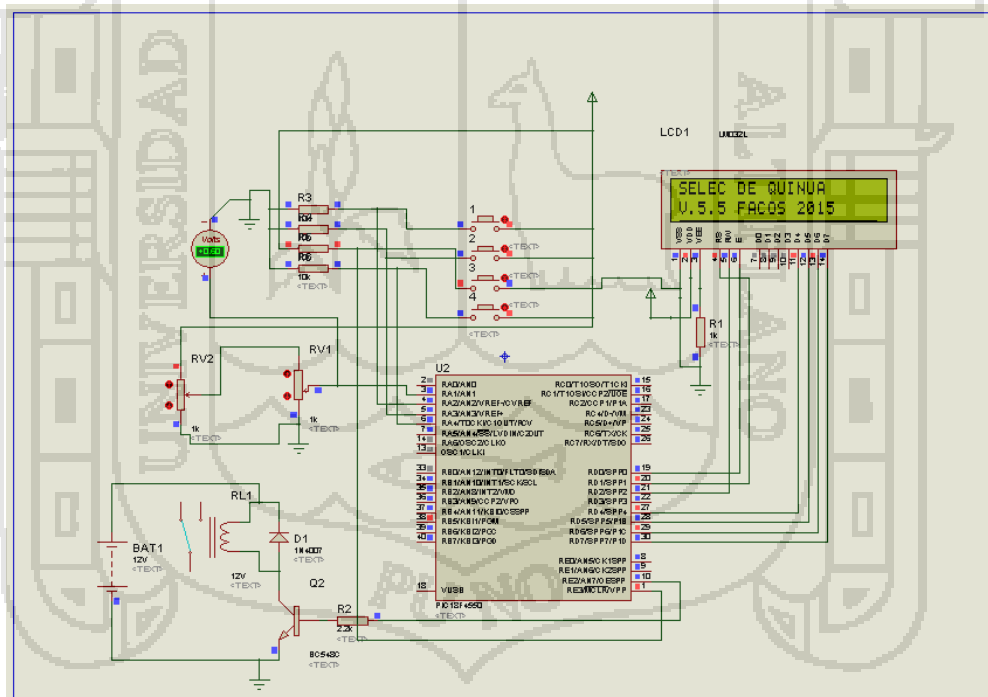


Grafico N° 24
Fuente: Simulación Proteus

SIMULACIÓN DE LA EXPULSIÓN.

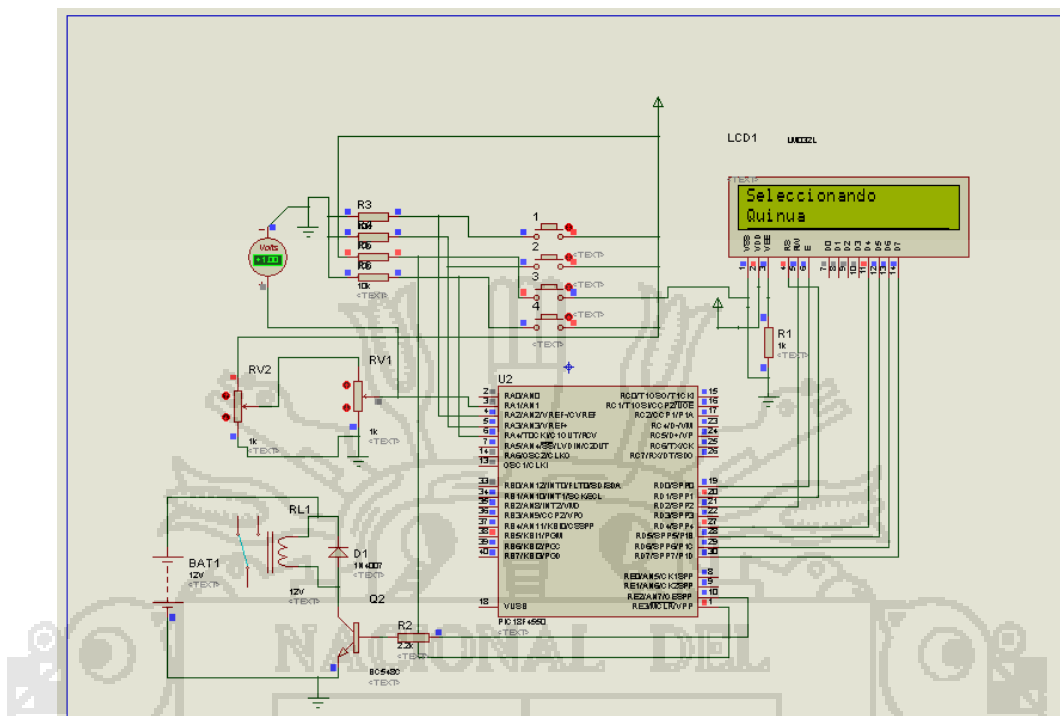


Grafico N° 25
Fuente: Simulación Proteus

CONCLUSIONES

PRIMERO.- Se diseñó un modulador de luz en base a un diodo emisor de rayos infrarrojos emitiendo luz a una frecuencia de 3 KHz, obteniéndose un reflejo proporcional al color de la quinua en escala de grises.

SEGUNDO.- Se diseñó un filtro pasabanda del tipo Bessel cuya frecuencia de paso se centró en los 3 KHz para dejar pasar la señal de 3 KHz el cual se recoge a través de un diodo receptor, luego este se amplificó y acondicionó para su posterior tratamiento en la siguiente etapa.

TERCERO.- Se desarrolló y simuló el software para un microcontrolador PIC 18f4550 logrando obtener una coordenada en escala de grises correspondiente al color de la quinua a través del puerto ADC del microcontrolador proveniente de la etapa de filtrado de la señal, también se simuló con éxito la expulsión de quinuas de un color específico.

SUGERENCIAS

PRIMERO.- Se sugiere utilizar el PWM del microcontrolador en vez del oscilador astable, debido a que el pic 18f4550 tiene implementado un modulo PWM por hardware.

SEGUNDO.- Se sugiere que antes de la etapa de filtrado debe pre-amplificarse la señal, además la ganancia de este amplificador debe ser variable.

TERCERO.- El software de control debe ser optimizado y multiplexado para poder aumentar más entradas de control.

CUARTO.- Se sugiere utilizar luz de colores rojo, verde y azul en forma sincronizada, una a la vez para poder recoger el color en un vector RGB, sin embargo debe considerarse el tiempo de respuesta del ADC y la velocidad del microcontrolador para poder obtener medidas fiables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chenopodium quinoa. (2015, 15 de marzo). Wikipedia, *La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 04:37, marzo 20, 2015 desde http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa
2. Colorimetria. (2008, 31 de octubre). Wikipedia, *La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 04:37, diciembre 20, 2014 desde <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Colorimetria&oldid=21383278>.
3. Sensor infrarrojo. (2014, 10 de noviembre). Wikipedia, *La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 05:13, diciembre 20, 2014 desde http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sensor_infrarrojo&oldid=78059877
4. Sensor de infrarrojos emisor y receptor. (2013, 08 de marzo) Circuitos Electrónicos, <http://www.circuitoselectronicos.org/2010/05/sensor-de-infrarrojos-emisor-y-receptor.html>, recuperado 5.14, Diciembre 2, 2014.
5. Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon. (2015, 30 de Marzo). Wikipedia, *La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 04:37, abril 01, 2015 desde http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_muestreo_de_Nyquist-Shannon.
6. Elena Villacresp, Eduardo Peralta, Luis Egas, Nelson Mazon. Potencial agroindustrial de la quinua, Voletin Divulgativo 146 , Quito 2011.

7. Tapia Pinto, Jhon Wilber.(2014) Análisis y diseño de un sistema computarizado para la interpretación colorimétrica y morfométrica del chenopodium. (Tesis de pregrado). Universidad nacional del Altiplano, Puno, Perú.

8. Wilfredo Rojas (1998). Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia, mediante métodos multivariados. [En línea] Disponible en:
<http://www.condesan.org/publicacion/libro14/cap1.7.htm#Top>. [Último acceso el 11 de noviembre 2014].

9. NASA Technicalpaper 3422. (1983),Quinoa: AnEmerging «New» cropwithpotential of CELSS. Porcentaje de proteína con referencia a sus componentes. Fecha de consulta: 09:20, diciembre 25, 2014 desde <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19940015664.pdf>



Selección del tipo de filtro

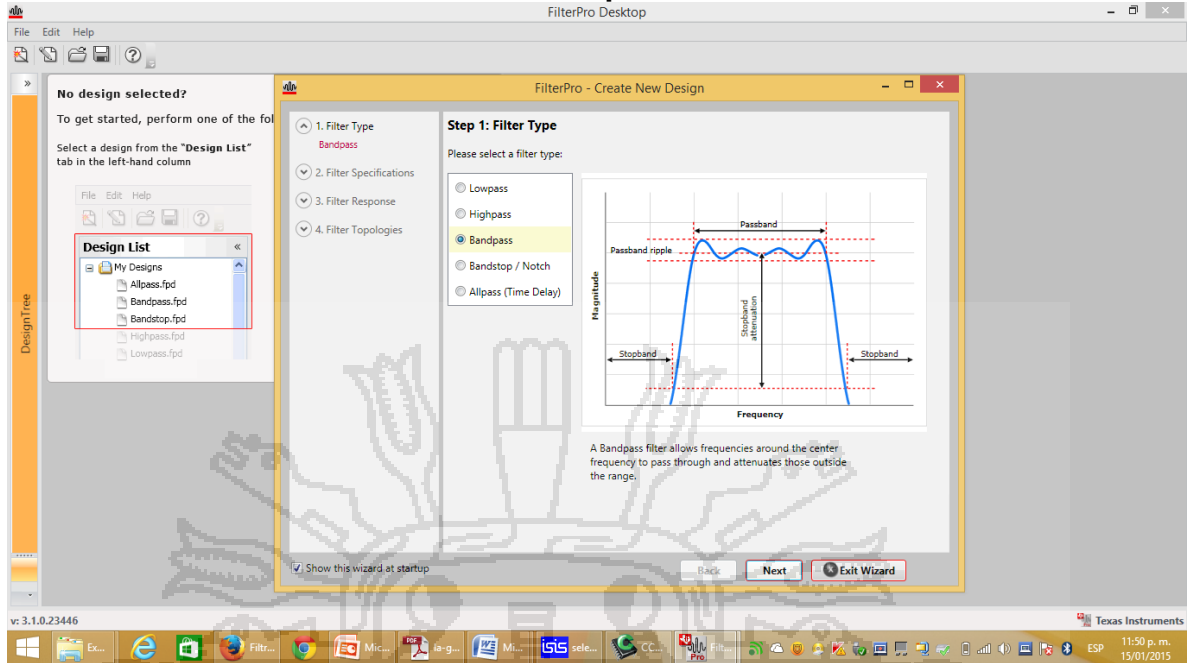


Grafico N° 26
Fuente: Filter PRO

Especificaciones del filtro

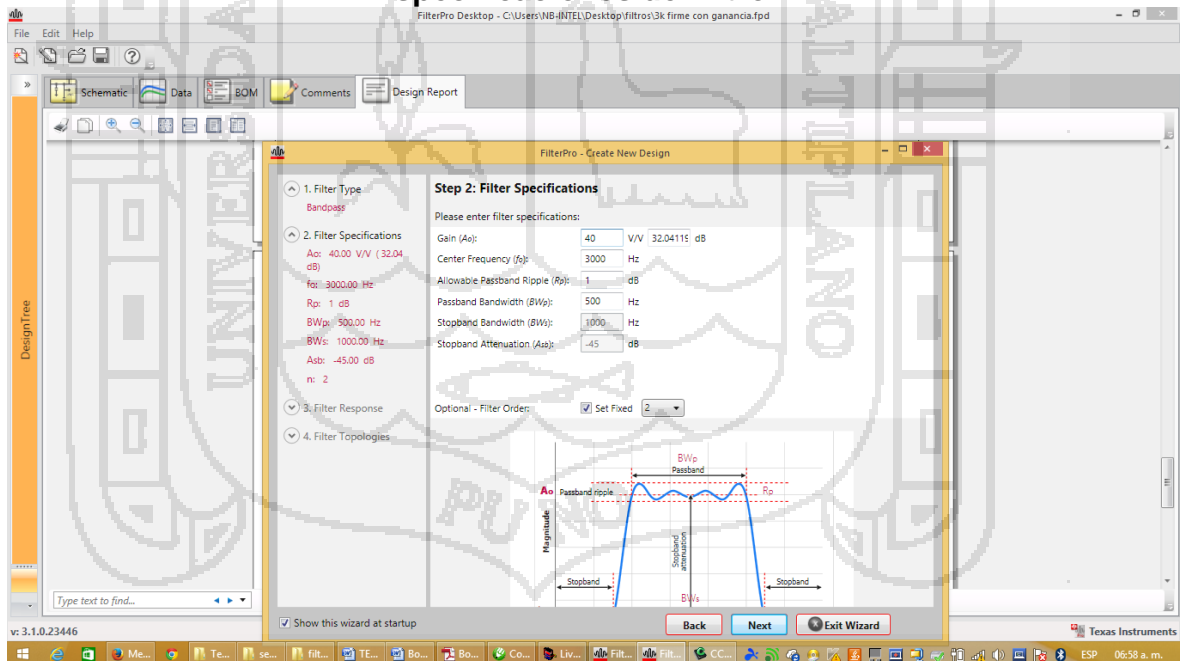


Grafico N° 27
Fuente: Filter PRO

Respuesta del filtro

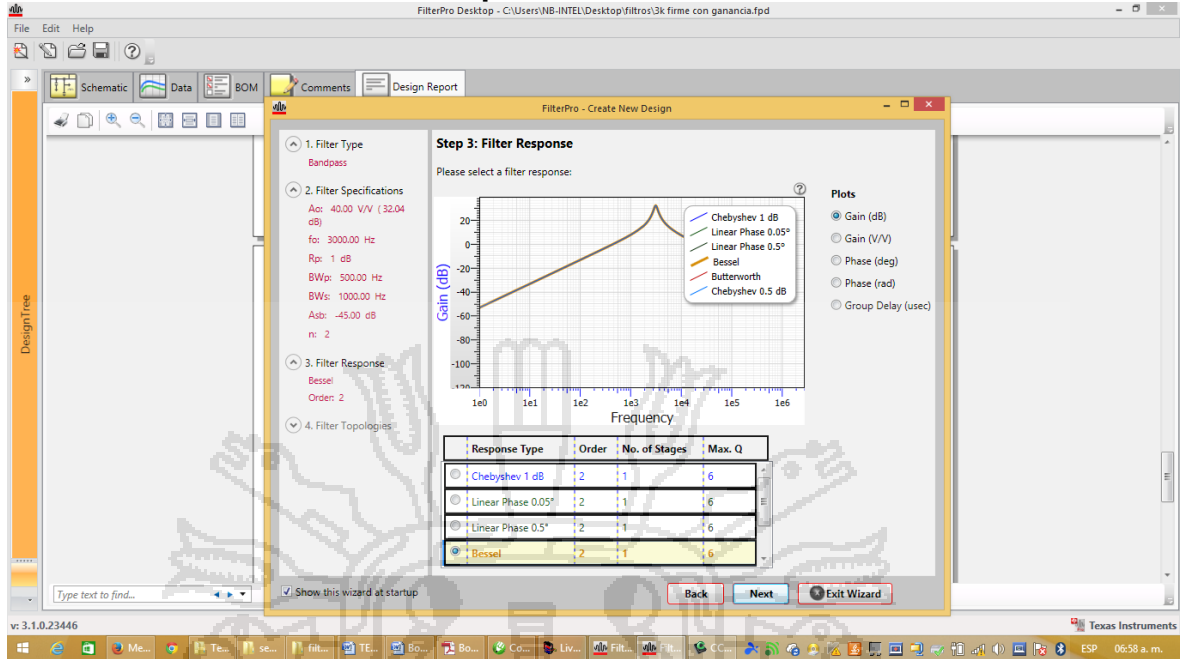


Grafico N° 28
Fuente: Filter PRO

Arquitectura del filtro

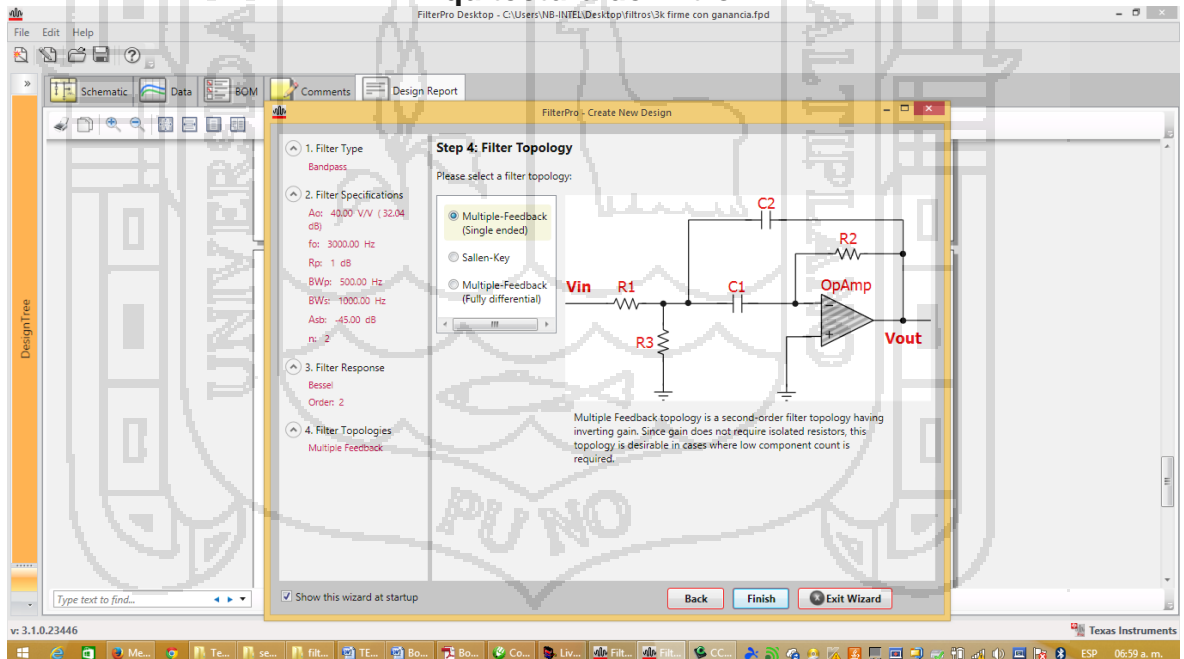


Grafico N° 29
Fuente: Filter PRO

Circuito del filtro

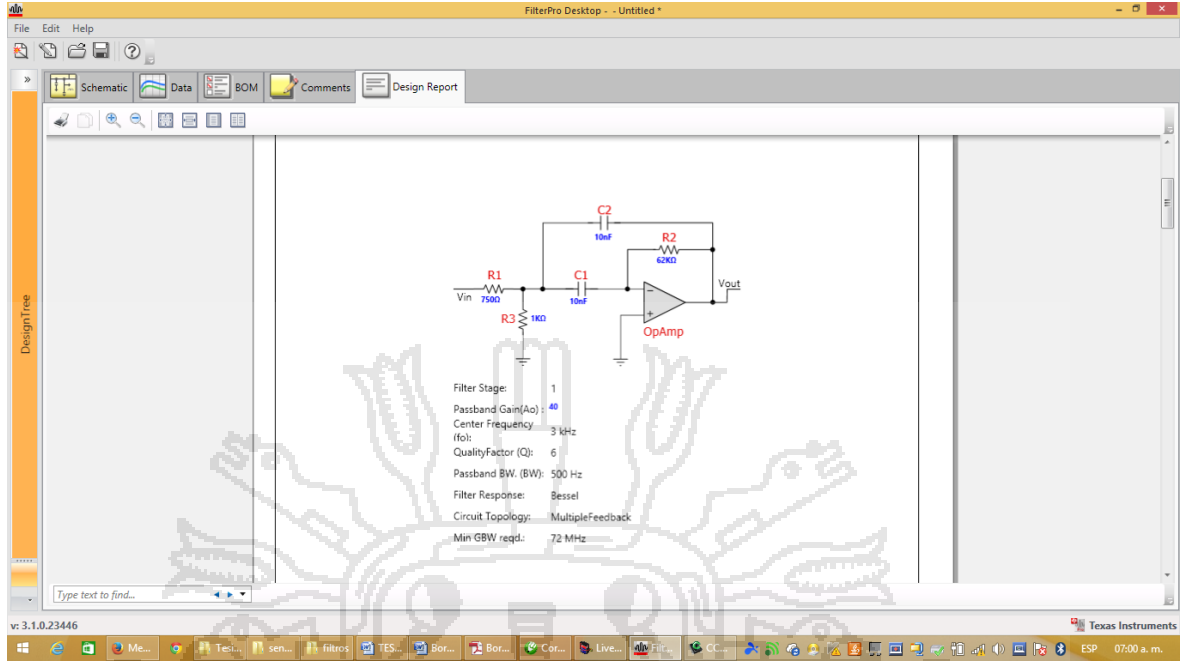


Grafico N° 30
Fuente: Filter PRO

Simulación del Filtro

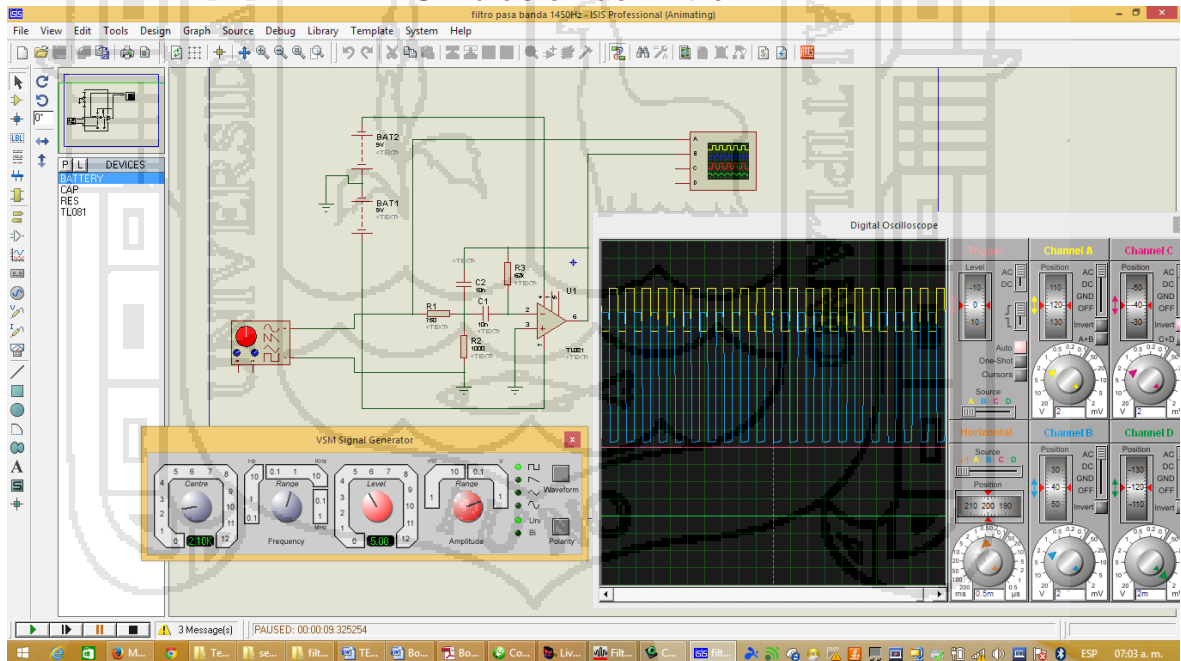


Grafico N° 31
Fuente: Simulación Proteus