



Facultad de Ingeniería

Trabajo de Investigación

“Diseño de un sistema de procesamiento digital de imagen para la detección de fallas superficiales en las baldosas cerámicas de las fábricas de Lima”

Autor: Giovan Bastidas Narciso
1612667

Para obtener el Grado de Bachiller en:

Ingeniería Electrónica

Lima, Julio del 2019

Declaración de Autenticidad y No Plagio (Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Giovan Bastidas Narciso,
identificado/a con DNI N° 42878150, egresado de la carrera de
Ingeniería Electrónica,
informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado
" Diseño de un sistema de Procesamiento digital de imagen
para la detección de fallas superficiales en las baldosas
cerámicas de las fabricas de lima
",

para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de
Ingeniería Electrónica,

declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autor/es que lo suscribe/n y afirmo
que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han
sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas
por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las
consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este
compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de
incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la
Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

Lima, 25 de Julio de 2019.


(firma)

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el de diseñar un sistema de procesamiento digital de imagen para la inspección de las fallas superficiales en las baldosas cerámicas de las fábricas de lima, con la cual se mejora la clasificación de las baldosas. La corriente teórica en la cual se basa el presente trabajo de investigación es el uso del algoritmo de Hough y la transformada de Hough ya que gracias a estos se puede identificar los defectos superficiales en las baldosas. Para poder identificar las fallas superficiales primero se debe de adquirir una imagen digital de la baldosa a inspeccionar, esta tarea la realiza una webcam en un ambiente bien iluminado, luego la imagen se procesa en una computadora empleando una aplicación desarrollada en C++ y la librería OpenCV con la cual el sistema detecta las fallas como ralladuras, defectos en los bordes, esquinas rotas, manchas, para luego poder separar las baldosas que presenten algún defecto antes mencionado. Como primeros resultados se espera identificar cada una de las fallas superficiales presentes en las baldosas cerámicas, además se espera poder clasificar de forma efectiva las fallas identificadas para poder tener un registro estadístico.

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo de investigación a mi familia, por todo el apoyo y la fuerza que me brindaron en el transcurso de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad tecnológica del Perú por la educación brindada, a los profesores que compartieron su experiencia y conocimientos en todos estos años que ha durado mi carrera y a mis padres por el apoyo que me brindaron.

INDICE

CARATULA	I
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	II
RESUMEN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE	VI
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1: Antecedentes de la investigación	2
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Definición de objetivos.....	4
1.2.1 objetivo general	4
1.2.1 objetivo Especifico	4
1.3 Alcance de la investigación	4
CAPITULO 2: Marco teórico	5
2.1 Problemas similares y análisis de las soluciones empleadas	5
2.1.1 “Clasificación por forma y color”-Perú	5
2.1.2 “Inspección objetiva y estricta”-Argentina.....	6
2.1.3 “Aumentar el rendimiento de producción” – Croacia	7
2.2 Tecnologías técnicas de sustento.....	8
2.2.1 Tecnologías/técnicas de sustento Países Desarrollados	8
2.2.2 Tecnologías/técnicas de sustento Latino América	9
2.2.3 Tecnologías/técnicas de sustento Perú.....	7
CAPITULO 3: Planteamiento de la solución	11
3.1 Soluciones por evaluar	11
3.2 Criterios de selección	11
3.2.1 Diagrama de bloques.....	12
3.2.2 Método de captación.....	12
3.2.3 Hardware	12
3.2.4 Software	12
3.2.5 Protocolos de comunicación	13
3.2.6 Interfase usuario	13
3.2.7 Autonomía	13
3.2.8 Otros.....	13
3.2.1 Metodología propuesta	14

3.3 Recursos necesarios	16
3.3.1 fundamentos o conceptos teóricos requeridos para el desarrollo del proyecto.	16
3.3.2 materiales, instrumentos y equipos especializados requeridos para las mediciones	17
3.4 Estudio de viabilidad técnica	17
3.4.1 Disponibilidad de recursos	17
CAPITULO 4: Analisis de los resultados de la investigacion	20
4.1 Resultados esperados	20
Conclusiones y recomendaciones	21
Referencias	22
ANEXO 1:.....	24
Ficha de tarea de investigación	24
ANEXO 2:.....	27
Glosario.....	27
ANEXO 3:.....	23
Encuesta	28

INTRODUCCIÓN

Las razones que motivaron a la elección del tema es la ineficiencia que representa un proceso repetitivo como es la inspección y clasificación de baldosas cerámicas, las cuales están sujetas al cansancio, falta de interés y criterio de cada inspector. Los valores típicos en la producción de baldosas cerámicas son de un 8% para productos de segunda categoría y un 2% para los desechos (baldosas con fallas graves) es importante saber estos números ya que si los índices aumentan pueden ser causados por fallas en alguna etapa de producción y su pronta corrección evitara perdidas. Se acondicionará un módulo cerrado con iluminación uniforme para una correcta captura de la imagen a procesar, además se registrará los datos obtenidos para crear una base de datos para la detección de anomalías en la línea de producción. El alcance del presente trabajo de investigación es la detección de las fallas presentes en las baldosas cerámicas como: esquinas rotas, fallas en bordes, rayaduras y manchas. Como limitaciones solo se detectan las fallas en baldosas de un solo color a baja velocidad.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

“Defectos del producto”, reducir y clasificar los defectos encontrados en la línea de producción permite mejorar la productividad de la empresa. Se puede dividir los defectos encontrados en tres categorías: Defectos asociados a la materia prima, defectos asociados a la etapa del proceso en la que se generan, defectos en función al proceso de selección, aproximadamente el 1% de la producción presenta grietas. La pronta detección y clasificación de las fallas permite reducir los costes de producción lo que representa ahorro del material y energía empleada en su producción [1,2].

“Fallas de producción”, la elaboración de cerámicos tiene varias etapas en su línea de producción y la inspección se ejecuta en el producto final, luego de clasificar las baldosas los valores aceptables son del 8% (104130m²) para productos de segunda calidad y del 2% (26032m²) para los desperdicios (defectos graves en el producto) cuando los valores superan estos índices se analiza los defectos para hallar la causa del problema. Esto permite actuar rápidamente en el origen del problema previniendo más productos defectuosos. [3,4]

“Inspección del producto”, El control de calidad en cerámicos lo realizan auditores mediante una inspección visual, algunos auditores separan más fallas que otros, ellos

clasifican las fallas siendo las grietas por golpe el desperfecto que supera el 50% del total de cerámicos rechazados (aproximadamente 13016m²) al ser un proceso repetitivo, las personas están expuestas a la fatiga y cansancio de los ojos, además el criterio de evaluación de cada auditor es variante, por lo que se requiere una inspección más eficiente. [5,6]

¿Es posible mejorar la calidad de la producción mediante el diseño de un sistema de procesamiento de imagen para el control de calidad de baldosas cerámicas?

Para confirmar el problema antes descrito se realizó un trabajo de campo con el fin de interiorizar el problema y validar la necesidad de alguna alternativa de solución del tipo tecnológica. En este sentido, se realizó un trabajo de campo, para lo cual se tuvo que elaborar una encuesta la cual consistía en una serie de preguntas vinculantes al problema y a la alternativa de solución tecnológica, en los anexos se puede encontrar dicha encuesta con sus respectivas respuestas a las preguntas. Así como, el nombre de las instituciones que fueron encuestadas.

Mediante la encuesta realizada a las empresas privadas de cerámicas San Lorenzo, Celima, Trebol y Cerámicos Gala, se encontró que el 50% ya cuentan con una inspección automatizada al final de la línea de producción sin embargo algunas etapas previas como el prensado e impresión aun cuentan con inspección manual que se puede mejorar. También se recopiló información útil para el desarrollo tecnológico como la velocidad de procesamiento necesaria y los datos de interés del usuario que es un informe detallado de las fallas encontradas.

De acuerdo con los resultados antes descritos, así como el análisis de estos, estos nos permiten plantear los siguientes objetivos para el presente trabajo, así como su alcance.

1.2. Definición de Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo principal del presente trabajo es el de diseñar un sistema de procesamiento digital de imagen para la detección de fallas superficiales en baldosas cerámicas con el fin de reducir los costos y automatizar el proceso de inspección.

1.2.2. Objetivo específico

Dentro de los objetivos específicos que se esperan obtener están los siguientes:

- Diseñar de un módulo con iluminación uniforme para capturar las fotografías de las baldosas.
- Desarrollar un algoritmo que permita clasificar las fallas de las baldosas empleando procesamiento de imagen.
- Diseñar un interfaz de usuario para el control y supervisión del sistema.

1.3. Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación se enfoca en las fábricas de baldosas cerámicas en la ciudad de lima las cuales se requiere detectar las fallas más comunes presentes en sus productos tales como: defectos de esquinas, rayaduras, defectos en bordes, manchas. Las baldosas por analizar serán sin texturas, de colores enteros y elaboradas por los productores locales de la ciudad de lima.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Problema similares y análisis de las soluciones empleadas

2.1.1. “Clasificación por forma y color”-Perú

Descripción del problema

La variedad de productos de cualquier empresa presenta diferentes tamaños, formas y colores los cuales se tienen que verificar para su correcta clasificación, la inspección humana no es la más eficiente por la cantidad y velocidad de productos a inspeccionar, la fatiga, el estado de ánimo y el criterio son factores que influyen en el trabajo, muchas veces la inspección se realiza al azar y no se inspecciona el 100% de productos ya que no se tiene al personal necesario para revisar y clasificar todos los productos [7].

Solución

Para la automatización del proceso de inspección y clasificación se desarrolla un sistema de visión artificial usando el software Labview el cual cuenta con un módulo para el procesamiento de imagen que incluye un asistente de visión y adquisición de imágenes de National Instruments con el cual procesan las imágenes capturadas por una webcam y las procesan para reconocer la forma y el color del producto, los cuales pasan por una faja transportadora que cuenta con un servomotor el cual direcciona los productos según su clasificación.

Análisis de solución empleada

De acuerdo con el prototipo desarrollado se pudo validar el algoritmo de detección y clasificación tanto por color y forma, el prototipo cuenta con un servomotor como actuador el cual gira el depósito según la clasificación del sistema. El sistema se puede adaptar a otras aplicaciones y el software Labview permite integrarlo con dispositivos mas industrializados como son PLC, pudiendo de esta manera acondicionarlo en un ambiente industrial con el circuito de potencia adecuado se puede implementar el selector.

2.1.2. “Inspección objetiva y estricta”– Argentina.

Descripción del problema

El control de calidad de los cerámicos se realiza en ambientes poco favorables para el buen desempeño ya que existe altos niveles de ruido, polvo, temperatura alta, etc. A pesar de que en la industria se tiene un alto grado de automatización la inspección se sigue realizando de forma manual, para poder realizar una inspección adecuada se requiere de entrenamiento, experiencia, conocimiento. Al ser una tarea repetitiva la fatiga y la subjetividad de cada persona impide un control eficiente y muchas veces se produce clasificaciones erróneas. [8]

Solución

Se desarrollo algoritmos para la detección de las fallas más comunes en las baldosas que son Bordes, esquinas, arañazos, agujeros y gotas. Para determinar los bordes, esquinas y dimensiones su uso el algoritmo de Harris-Stephens, para la detección de gotas se segmenta y se busca elementos circulares, para los agujeros el proceso es similar al de gotas, pero se añade dilatación ya que la marca es más irregular y finalmente para los arañazos se aplica detección de bordes, detección de líneas y operaciones morfológicas.

Análisis de solución empleada

Los resultados de las pruebas experimentales con 32 muestras fueron satisfactorios, se obtuvo un 100% de acierto en determinar bordes, esquinas, arañazos y un 94.7% de

acierto para gotas y agujeros. Con una resolución en las fotografías de 1700x1275 se obtuvo un tiempo de procesamiento inferior a 0,6 segundos con una computadora de gama media. Para mejorar el tiempo de procesamiento se puede bajar la resolución de las fotografías y conseguir tiempos cercanos a 0,1 segundo. De esta manera se puede automatizar la inspección de baldosas cerámicas.

2.1.3. “Aumentar el rendimiento de producción” – Croacia

Descripción del problema

Gran parte de las fases de producción de cerámicos tienen un alto nivel de automatización, la etapa de inspección de calidad todavía se realiza con la visión humana, la principal razón es la complejidad y exigencia de esta tarea, debido a las limitaciones de las personas esta etapa es la que presenta mayor deficiencia, es por ello que se requiere automatizar la inspección, reemplazando la visión humana por la visión de la máquina mediante el procesamiento digital de imagen, esto permite reducir los costes y mejorar la calidad de las baldosas cerámicas[9].

Solución

Lo primero que se tiene que realizar es la adquisición de la imagen, para esto se usan dos cámaras, una en blanco y negro que se enfoca en la detección de los defectos estructurales superficiales (bultos, golpes, arañazos, entre otros), y una cámara a color para un análisis superficial encontrando defectos de producción o material. Para la detección de fallas se emplea algoritmos de procesamiento de imagen como transformada de Hough para el análisis dimensional y se emplean redes neuronales para el análisis superficial.

Análisis de solución empleada

Un factor importante para el correcto procesamiento de la imagen es la cámara y la iluminación, gracias al uso adecuado de 2 cámaras se puede realizar el análisis

dimensional en tiempos menores a 0,5 siendo útil para la aplicación en tiempo real. Por otro lado, el análisis de las baldosas con texturas requiere de mayor tiempo para el procesamiento por la gran cantidad de información, para este caso se requiere optimizar los algoritmos y la red neuronal para que se pueda implementar en la línea de producción.

2.2. Tecnologías/técnicas de sustento

Las investigaciones respecto al procesamiento digital de imágenes aplicado a la inspección en líneas de producción se vienen realizando en diversos países, por consiguiente la presente investigación se hizo una revisión de las principales técnicas y tecnologías utilizadas en los países de Perú, Ecuador, México, Portugal y Rumania en los últimos 10 años.

2.2.1. Tecnologías/técnicas de sustento Países Desarrollados

Los autores Silveira, Ferreira, Santos, y Martins utilizan el procesamiento digital de imágenes para la detección de grietas, gránulos y superficies de relieve en las placas de cerámica, para ello utilizan iluminación led, una cámara de escaneo progresivo y una aplicación realizada con Visual++ y las librerías de OpenCV para la correcta identificación de estos 3 defectos, para el procesamiento se empleó filtro de Gaus y detección de bordes de Canny [10]. Onita, Vartan, Kadar y Adriana Birlutiu usan las diversas herramientas que otorga el software iRVision para poder clasificar porcelana, detectando grietas, deformaciones, defectos superficiales, golpes y defectos de textura. Además, el software se integra con los robots FANUC el cual usan para la separación de los productos defectuosos, el sistema consta de un sensor que detecta el producto, una cámara e iluminación para poder tomar una fotografía adecuada luego se procesa en la computadora y finalmente un robot separa los productos que no superen los parámetros establecidos [11]

2.2.2. Tecnologías/técnicas de sustento Latino America

Victor Baeza desarrolla la inspección automatizada del 100% de piezas cromadas para ello emplea una cámara, una tarjeta de adquisición de datos y un brazo robot de 6 grados de libertad, integrado con el software LabVIEW y empleando el módulo visión Assistant de National Instruments para el procesamiento de imagen, adicionalmente genera un reporte en Excel detallado de las piezas inspeccionadas, registrando las fallas encontradas para su posterior análisis, esto permite corregir la causa de las fallas [12]. Por otro lado, Logroño y Fermín desarrollan un prototipo para el control de calidad de productos terminados, el procesamiento fue realizado con software libre, sistema operativo Linux, lenguaje C++, las librerías OpenCV y Libfreenect. El hardware empleado fue un scanner Kinect el cual integra cámaras y sensores que permiten determinar la distancia, una placa de desarrollo Arduino para el control del motor servo que desvía los productos que no cumplan con las especificaciones establecidas, para la comunicación del computador y el microcontrolador se utilizó un conversor USB a serial [13].

2.2.3. Tecnologías/técnicas de sustento Perú

El autor Alberto Alvarado desarrolla un sistema para el control de calidad de etiquetas y botellas de vino empleando visión artificial, para la adquisición utiliza una webcam e iluminación led y el procesamiento lo hace en un computador usando el software Matlab, en su algoritmo emplea operaciones morfológicas como apertura, cierre además de reconocimiento de bordes entre las muestras y las imágenes patrón de esta manera determina si el producto cumple con las especificaciones requeridas [14]. Gabriela Viera emplea un raspberry pi para un sistema de clasificación de granos de cacao, su prototipo además usa dos webcam con los cuales captura la imagen desde distintos ángulos de visión e iluminación con tiras led obteniendo una iluminación homogénea para una buena captura de imagen, para el procesamiento de imágenes utiliza una raspberry pi con una aplicación desarrollada en QT Creator y la librería OpenCV para realizar el procesamiento

y la interfaz gráfica del usuario, las características de interés extraídas son el color, el tamaño y la convexidad [15]

CAPÍTULO 3

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

3.1. Soluciones por evaluar

Las tecnologías/técnicas antes descritas nos permiten evaluar diferentes soluciones, las cuales permitirán que la propuesta que se presenta en el presente trabajo se fortalezca. Para tal efecto de cada solución planteada se han considerado los siguientes criterios de selección: diagrama bloques, método de captación, hardware, software, protocolos de comunicación, interfase usuario, autonomía, ergonomía, otros.

3.2. Criterios de selección

Para la elección de cada etapa se considero tres aspectos importantes los cuales son: efectividad ya que debe de cumplir de manera adecuada en su función, facilidad de integración porque el sistema integra varios elementos los cuales deben de ser compatibles para reducir circuitos adicionales y bajo costo para que sea factible la implementación de un prototipo. A continuación, se detalle los contenidos de cada uno de los criterios de selección:

3.2.1. Diagrama bloques

Para el diagrama de bloques se optó por alternativas de bajo costo y de fácil integración, en este se representa todos los elementos usados por el sistema y también se puede observar el proceso que realiza de manera más detallada. La parte más importante es la etapa de procesamiento, la cual se da en la computadora, en ella se integra casi todos los componentes sin la necesidad de conversores adicionales [14, 15].

3.2.2. Método de captación

Para el método de captación se planea utilizar una webcam, tiras led para una iluminación homogénea y un contenedor que permitirá aislar el ambiente de factores externos como sombras o reflejos no deseados en la adquisición de la imagen, se opta por esos elementos debido a su bajo costo y efectividad para la aplicación planteada, la cámara se colocara en vertical para una foto frontal de la baldosa cerámica [14,15].

3.2.3. Hardware

Para el procesamiento se empleará una computadora en la cual se encargará de administrar todo el sistema, el uso del computador permite una conexión directa con la cámara y el monitor, para la clasificación se usará un servomotor el cual desviará los productos defectuosos, este será controlado por una placa de desarrollo Arduino ya que tiene integrado un conversor USB a serial lo que facilita la comunicación [10,11,12].

3.2.4. Software

Para la aplicación se usará el lenguaje C++ con la librería OpenCV ya que es de código abierto no se requiere del pago de licencias, con visual studio se desarrollará la interfaz de usuario con información de los defectos encontrados en las baldosas inspeccionadas además presentara tablas con el registro de todas las fallas detectadas en la producción las cuales se podrán exportar a Excel [10,15].

3.2.5. Protocolos de comunicación

Para la comunicación de la cámara con la PC se emplea el USB lo que facilita la adquisición de la imagen, para el control del actuador se emplea comunicación serial ya que es un protocolo fácil de implementar y la gran mayoría de microcontroladores incluyen un módulo serial en su hardware, para el interfaz de usuario la realizara la conexión a un monitor mediante cable HDMI [12,13,14].

3.2.6. Interfase usuario

El interfaz de usuario consta de monitor, teclado y mouse, se optó por esta alternativa debido al bajo costo y a la facilidad de integración al sistema planteado. La interfaz proveerá información detallada de la cantidad de baldosas inspeccionadas, las baldosas rechazadas y el tipo de falla detectada, mostrando cuadros estadísticos para una visualización más clara [11,12,13,14].

3.2.7. Autonomía

El sistema es autónomo en la inspección de los productos ya que cuenta con los algoritmos necesarios para poder detectar las fallas más comunes en las baldosas cerámicas que son las rayaduras, problemas en los bordes o defectos superficiales, el sistema requiere de supervisión baja ya que puede cumplir con la tarea para la que fue diseñada [10,11].

3.2.8. Otros (Costos y mantenimiento)

Otro punto importante para tener en cuenta en el desarrollo del sistema fue los costos para la implementación del prototipo, debido a esto se seleccionaron componentes de bajo costo y de fácil integración pero que a su vez sean adecuados para realizar la función requerida por el sistema, al ser la mayor parte del sistema software, los costes de mantenimiento son bajos.

Tabla comparativa

CARACTERISTICAS		REFERENCIAS					
		R10	R11	R12	R13	R14	R15
Adquisición	Cámara web	X	X	X	✓	✓	✓
	Cámara CCD	✓	✓	✓	✓	X	✓
	Kinect	X	X	X	✓	X	X
	sensor IR	X	X	✓	✓	X	X
Hardware	PC	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Raspberry pi	X	X	X	X	X	✓
	Focos Led	✓	✓	✓	✓	X	✓
	Servomotor	X	X	X	✓	X	X
Software	Matlab	X	X	✓	X	✓	✓
	OpenCV	X	X	X	X	X	✓
	Visual Studio	✓	X	X	✓	X	✓
	Linux	X	X	X	✓	X	X
	IrVision	X	✓	X	X	X	X
Comunicación	Serial	X	X	✓	✓	✓	✓
Interfaz	Monitor	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ergonomía		X	X	X	X	X	X
otros	Bajo coste	X	X	X	X	✓	✓

R10 –R15 (referencias). ✓: Contiene característica. X: No contiene característica.

3.2.9. Metodología propuesta

Para la metodología propuesta se requiere un contenedor que tenga una iluminación homogénea y que aisle al producto de factores externos como sombras o reflejos no deseados que puedan dificultar la correcta captura de la imagen, esto permite reducir tiempos de procesamiento y simplificar el programa, una vez se obtenga la captura, la foto digitalizada va al computador mediante la conexión USB. Las fallas más comunes que se presentan en las baldosas cerámicas son arañazos, manchas en la superficie y defectos en el borde. Una vez que la imagen llega al computador se tiene que pasar la imagen a escala de grises, luego se binariza y se aplica operaciones morfológicas de apertura y cierre para eliminar el ruido existente, luego se aplica el algoritmo de Harris-Stephens para la detección de esquinas y el algoritmo de Canny para la detección de

bordes, estos algoritmos permiten detectar fallas en el borde y esquinas de las baldosas. Para la detección de rayaduras y manchas se utiliza la transformada de Hough con el cual se detectan líneas y círculos pertenecientes a las rayaduras y a las manchas respectivamente. Luego de haber identificado la falla el sistema registra en una base de datos los resultados del análisis realizado la cual se pueden mostrar en cuadros estadísticos para una fácil visualización. El sistema se administra desde una aplicación realizada en visual estudio el cual le da al usuario toda la información requerida de una manera ordenada, pudiendo visualizar la cantidad total de productos inspeccionados, la cantidad de baldosas rechazadas y el tipo de falla que se encontró en cada baldosa, finalmente la computadora se comunica con el microcontrolador mediante un conversor USB a serial y el microcontrolador activa el actuador para separar la baldosa que no cumpla con las especificaciones requeridas por el sistema.

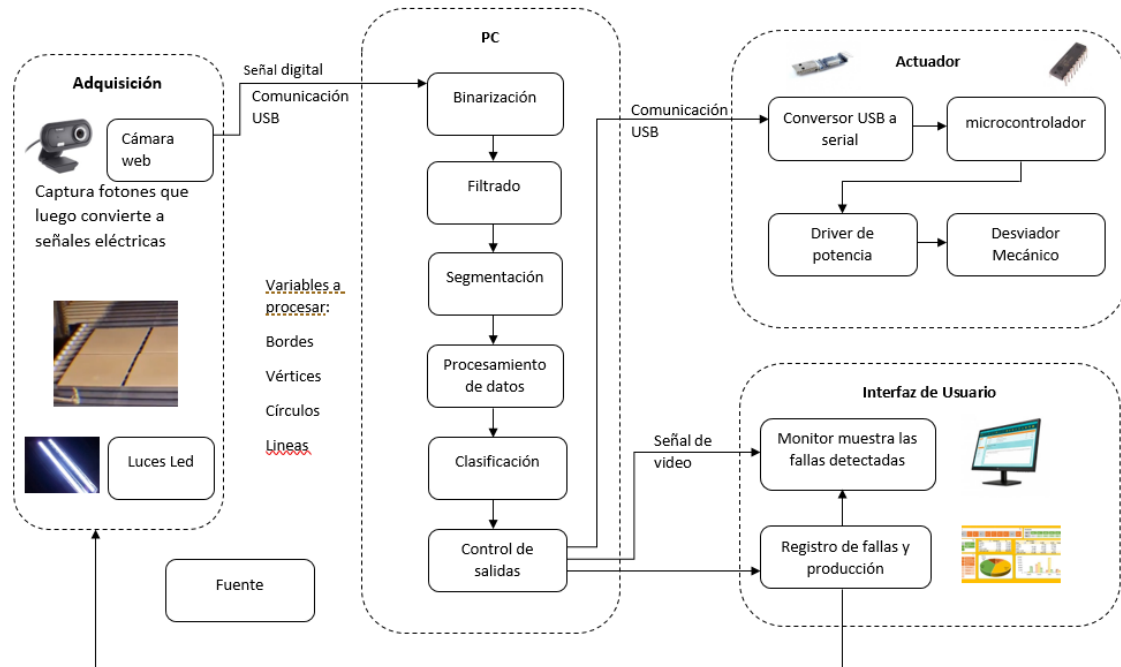


Diagrama de bloques, fuente: elaboración propia

3.3. Recursos Necesarios

3.3.1. fundamentos o conceptos teóricos requeridos para el desarrollo del proyecto

Entre los fundamentos teóricos necesarios para la parte aplicativa tenemos: conceptos sobre los parámetros de calidad y fallas comunes en las baldosas cerámicas. Para el software tenemos: programación en lenguaje c++ para el procesamiento de imagen, desarrollo de aplicaciones en visual estudio para la interfaz gráfica, conocimientos de la librería OpenCV, programación de microcontroladores en ID Arduino. Para la parte hardware se requiere conocimiento de actuadores, acondicionamiento de señales, sistemas electrónicos de potencia [16,17,18,19].

3.3.2. materiales, instrumentos y equipos especializados requeridos para las mediciones

Los materiales y dispositivos por utilizar son: triplay, tiras led, cables, servomotores, cámara web, computador, monitor, conversor USB a serial, microcontrolador, módulos para el control de servomotor. Para la clasificación se requiere de los parámetros de calidad exigidos para las baldosas cerámicas, debido a la naturaleza de la aplicación la forma de medir los resultados es mediante tablas estadísticas del porcentaje de acierto entre el total de baldosas inspeccionadas y se requiere de la inspección humana para validar los resultados del sistema.

3.4. Estudio de viabilidad técnica

Para el desarrollo del sistema se seleccionaron tecnologías de fácil acceso y equipos de bajo coste lo que facilita la implementación de un prototipo, el software necesario no requiere de licencia por lo que permite el uso sin pagos elevados, la librería OpenCV tiene una comunidad grande por lo que proporciona la documentación necesaria para el

procesamiento de imagen requerido. Para el control del actuador también se usa una placa Arduino de bajo coste y de fácil programación, no se requiere de conocimientos avanzados para la tarea a realizar.

3.4.1. Disponibilidad de recursos

Riesgos de desarrollo

Se puede diseñar el sistema descrito en el presente trabajo ya que la parte más importante por el lado del hardware es un computador el cual puede proveer la universidad, en el caso de software se planea usar software libre con amplia documentación en internet y sin el pago de licencias lo que permite realizar un prototipo a bajo costo, las herramientas en el campo del procesamiento de imágenes también han avanzado la librería OpenCV proporciona las funciones necesarias para la segmentación e identificación de objetos de interés lo que facilita la programación. Lo que si se requiere es obtener un gran número de muestras de prueba para la correcta calibración del sistema.

Disponibilidad de recursos

Si se tiene los recursos humanos para el desarrollo y la implementación del sistema, lo que se requiere es profundizar los conocimientos necesarios para la programación del interfaz de usuario en el lenguaje C++ para darle un acabado gráfico más amigable al usuario y la implementación del algoritmo con las librerías OpenCV para el correcto funcionamiento del sistema.

Por el lado del hardware se usan dispositivos de bajo coste y de uso común como son una computadora y una webcam, para el procesamiento se planea usar software libre que no requiere pago de licencias por lo que se puede implementar un prototipo con una inversión baja. Por la parte del actuador si se debe adecuar a la línea de producción real, pudiendo necesitar de elementos más caros.

Tecnología

La tecnología va aumentando cada día, por lo que existen computadores de bajo coste capaz de realizar las tareas requeridas, incluso hay minicomputadores como la raspberry pi que son capaces de realizar aplicaciones con procesamiento digital de imagen, las cámaras también cada día se encuentran de mayor resolución y de procesamiento más rápido, para esta aplicación no se requiere de una resolución elevada. La necesidad en la industria de mejorar los costos de producción y entregar un producto de mayor calidad requiere de una automatización de todo el proceso y esto incluye también la inspección que se debe de realizar en toda la producción, esto permitirá reducir costos y mejorar la eficiencia de todo el proceso productivo, por eso es necesario el desarrollo de este tipo de soluciones.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Resultados Esperados

Una vez concluido el desarrollo del prototipo propuesto en el presente trabajo se pretende obtener los siguientes resultados:

- Obtención de una imagen digital adecuada de la baldosa a través de una webcam y un módulo con iluminación uniforme
- Identificación de las fallas superficiales en las baldosas mediante los algoritmos desarrollados de visión artificial.
- Análisis y clasificación de las imágenes procesadas por la aplicación desarrollada.
- Obtención de cuadros estadísticos de las fallas encontradas que ayuden a la identificación de anomalías en la línea de producción.
- Validación del prototipo mediante pruebas con baldosas cerámicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se puede concluir que con una iluminación homogénea se puede obtener una imagen adecuada de la baldosa para el procesamiento de imagen.
- Mediante los algoritmos y funciones proporcionadas por la librería OpenCV se puede identificar las fallas de interés para la clasificación de las baldosas.
- Las prestaciones de una webcam estándar son suficientes para la adquisición de la imagen.
- Se puede diseñar una interfaz de usuario con la plataforma visual studio la cual puede administrar todo el funcionamiento del sistema.
- Los datos resultantes de la clasificación son importantes para el análisis de identificación de algún desperfecto en la línea de producción.
- Se recomienda evaluar otras etapas de producción donde se pueda realizar la inspección.
- Se debe de realizar un análisis mas minucioso sobre el ángulo de iluminación y la posición de la cámara que favorezca la detección de las fallas de interés.

REFERENCIAS

- [1] Juan Rivas, "Diseño de un plan para reducir el desperdicio generado durante el proceso de esmaltado de baldosas cerámicas en planta 3 Cerámica San Lorenzo Perú", UTP, 2017.
- [2] L. Chang, Aplicación del ciclo deming para mejorar la productividad de la preparación de esmalte en la empresa cerámica san lorenzo s.a.c. UCV, 2017
- [3] Roger Ircañaupa, "Aplicación de la gestión por procesos para mejorar la productividad de baldosas cerámicas, en la línea de producción ENAPLIC 3 de la empresa Cerámica Lima S.A", UCV, 2017.
- [4] R. Cornelio, Propuesta de un plan de mantenimiento para una fábrica de baldosas cerámicas, UNI, 2013
- [5] R. Galarza, Y. Gamarra, C. Huallpa, S. Quispe, Diagnostico operativo de la empresa Cerámica San Lorenzo – Planta 3, PUCP, 2017.
- [6] J. Aguilar, Planeamiento Estratégico para la Industria Peruana de Cerámicos, PUCP, 2018
- [7] V. Sanchez, Diseño de un Sistema de identificación y clasificación por vision artificial, UCSM, 2013.
- [8] L. Echeverz, M. Melograno, L. Leiva, Inspección Automática de Defectos de Superficie en Baldosas Cerámicas, XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2018.
- [9] T. Keser, Z. Hocenski, Intelligent machine vision system for automated quality control in ceramic tiles industry, Strojarstvo, 2010.
- [10] J. Silveira, M. Ferreira, C. Santos, T. Martins, Computer Vision Techniques Applied to the Quality Control of Ceramic Plates, University of Minho, 2009.
- [11] D. Onita, N. Vartan, M. Kadar, Adriana Birlutiu, Quality Control in Porcelain Industry based on Computer Vision Techniques, University of Alba Iulia, 2018
- [12] V. Baeza, Sistema de visión artificial para el control de calidad en piezas cromada, Instituto Politécnico Nacional, 2010.
- [13] C. Logroño, K. Fermín, Desarrollo de un sistema automático para el control de calidad de productos terminados mediante un scanner 3D realizado con técnicas de visión artificial y tecnología Kinect, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

- [14] A. Alvarado, Diseño de sistema de control de calidad para el reconocimiento del tipo y etiquetado correcto en botellas de vino usando visión computacional, UTP, 2018.
- [15] G. Viera, Procesamiento de imágenes usando OPENCV aplicado en raspberry pi para la clasificación del cacao, Universidad de Piura, 2017.
- [16] R. Rodríguez Morales y J. H. Sossa Azuela, Procesamiento y análisis digital de imágenes, RA-MA S.A., 2011.
- [17] A. Garrido Carrillo, Fundamentos de programación en C++, Madrid: Delta, 2006.
- [18] M. Basil, J. Gabiola, Componentes y Diseño Electrónico, Madrid: ACCI ediciones, 2018.
- [19] L. Corona, G. Abarca, J. Mares, Sensores y actuadores Aplicaciones con Arduino, México: PATRIA S.A., 2014.

ANEXO 1

FICHA DE TAREA INVESTIGACIÓN - FISE

CARRERA: Electrónica

1. Título del trabajo de la tarea de investigación propuesta

Título: Control de calidad de cerámicos con procesamiento digital de imágenes.

2. Indique la o las competencias del modelo del egresado que serán desarrolladas fundamentalmente con esta Tarea de investigación:

Sistemas eléctricos, electrónicos aplicados al procesamiento de señales.

3. Indique el número de alumnos posibles a participar en este trabajo. (máximo 2)

Número de Alumnos: 2

4. Indique si el trabajo tiene perspectivas de continuidad después que el alumno obtenga el Grado Académico para la titulación por la modalidad de tesis o no.

Sí, se puede realizar un mayor análisis en detección de mayor cantidad de baldosas cerámicas de diferentes modelos.

5. Enuncie 4 o 5 palabras claves que le permitan al alumno realizar la búsqueda de información para el Trabajo en Revistas Indizadas en WOS, SCOPUS, EBSCO, SciELO, etc desde el comienzo del curso y obtener información de otras fuentes especializadas.

Ejemplo:

Palabras Claves	REPOSITORIO 1	REPOSITORIO 2	REPOSITORIO 3
1.- SEGMENTATION OF IMAGES	SCHOLAR	SCIELO	DOAJ
2.- MORPHOLOGICAL	SCHOLAR	SCIELO	DOAJ
3.- IMAGESS PROCESS	SCHOLAR	SCIELO	DOAJ
BINARITAZION IMAGESS	SCHOLAR	SCIELO	DOAJ

6. Como futuro asesor de investigación para titulación colocar:

(Indique sus datos personales)

- a. **Nombre:** Alberto Alvarado Rivera
- b. **Código Docente** C05129
- c. **Correo** c05129@utp.edu.pe
- d. **Teléfono** 989860653

7. Especifique si el Trabajo de investigación:

(Marcar con un círculo la que corresponde, puede ser más de una)

Si está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de Empresas del sector artesanal.

8. Explique de forma clara y comprensible al alumno los objetivos o propósitos del trabajo de investigación.

La producción de cerámicos se ha intensificado hoy en día en nuestro país, y por lo tanto se puede observar en diferentes establecimientos diferentes calidades. Encontramos grupos de excelente calidad, y grupo con pequeñas fallas o desperfectos. Entonces, se plantea un sistema capaz de reconocer ciertas imperfecciones y trabajando las 24 horas del día. Esto permitiría la realización de un riguroso control de calidad de forma automatizada, seleccionando diferentes calidades de productos. Para ello es necesario contar con una cámara digital que capture y digitalice las imágenes, para posteriormente ser tratadas por un procesador de señales que decidirá la calidad del producto. Previamente habrá que definir los márgenes de calidad, según una imagen patrón. Además, es necesario incluir un sensor de proximidad para indicar el momento en la cual se deba realizar la captura.

9. Brinde al alumno una primera estructuración de las acciones específicas que debe realizar para que le permita al alumno iniciar organizadamente su trabajo.

Captura y digitalización de diversidades de imágenes de cerámicos.

Desarrollo de algoritmo de reconocimiento de patrones en software de simulación.

Lectura en tiempo real a través de la cámara digital.

Implementación de algoritmo en un procesador digital de señales.

10. Incorpore todas las observaciones y recomendaciones que considere de utilidad al alumno y a los profesores del curso para poder desarrollar con éxito todas las actividades.

Realizar la división clara del trabajo que deberá efectuar cada uno de los alumnos participantes y un apropiado cronograma de trabajo.

Identificar información específica sobre:

Adquisición de señales, procesamiento de señales bidimensionales, filtros digitales, morfología, segmentación y transformaciones geométricas.

11. Fecha y docente que propone la tarea de investigación

Fecha de elaboración de ficha: __21__ / __Julio__ / 2018

Docente que propone la tarea de investigación:

Alberto Alvarado Rivera

12. Esta Ficha de Tarea de Investigación ha sido aprobada como Tarea de Investigación para el Grado de Bachiller en esta carrera por:

(Sólo para ser llenada por la Dirección Académica)

Nombre:

Código:

Cargo:

Fecha de aprobación de ficha ____ / ____ / ____

Vo.Bo. FISE

ANEXO 2

Glosario

Arduino: Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador.

Fanuc: Compañía que ofrecen productos y servicios de automatización industrial como robots y sistemas de control numérico.

Irvision: sistema de visión artificial de la empresa Fanuc.

Kinect: Es un sensor compuesto desarrollado por Microsoft con la firme intención de aumentar el uso de la videoconsola XBOX.

Labview: Es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos.

LibFreenect: Es el controlador para el Kinect, desarrollado como Open Source por la comunidad Open Kinect
Servomotor: Es un dispositivo de accionamiento para el control de precisión de velocidad, par motor y posición.

Linux: Sistema operativo libre tipo Unix POSIX; multiplataforma, multiusuario y multitarea.

Matlab: Es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio.

Microcontrolador: Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.

OpenCV: Es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel.

PLC: Es un controlador lógico programable utilizado en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos.

QT Creator: Es un IDE multi plataforma programado en C++, JavaScript y QML para el desarrollo de aplicaciones con Interfaces Gráficas de Usuario con las bibliotecas Qt.

Raspberry: Es una minicomputadora del tamaño de una tarjeta de crédito.

Visual Studio: Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado para Windows, Linux y macOS. Es compatible con múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic.

ANEXO 3

Encuesta

1. ¿En qué etapas de la producción de cerámicos se realiza control de calidad?

2. ¿Cuál es la etapa de producción que genera mayores fallas en los cerámicos?

3. ¿Cuál es el porcentaje de inspección del producto terminado del total de la producción?

4. ¿Cuál es la falla más difícil de detectar? ¿Por qué?

5. ¿En qué etapas de producción se puede reciclar el producto?

6. ¿Cómo cree usted que se podría mejorar el control de calidad en los cerámicos?

7. ¿Qué se necesitaría para poder inspeccionar el 100% de los productos terminados?

8. ¿Qué información se necesita de los productos inspeccionados?

9. ¿En que etapa cree usted que se debería de realizar una inspección del 100% para reducir las fallas encontradas en el producto final?

10. ¿Cuántas baldosas se producen por minuto?

A continuación, se presenta los resultados de las encuestas, así como el análisis de los resultados.

	Pregunta	San Lorenzo	Celima	Trebol	Gala
Problemática	1	si	si	si	si
	2	no	no	no	no
	3	si	si	si	si
	4	si	si	si	si
	5	si	si	si	si
Tecnológico	6	si	si	si	si
	7	si	si	si	si
	8	si	si	si	si
	9	no	no	si	si
	10	si	si	si	si

1. ¿En qué etapas de la producción de cerámicos se realiza control de calidad?

Como se esperaba según respuestas todos realizan la inspección al producto terminado, esto se puede mejorar realizando la inspección en alguna etapa intermedia que lo requiera.

5. ¿Cuál es la etapa de producción que genera mayores fallas en los cerámicos?

Como la revisión del producto solo se realiza en la etapa final no tiene datos de fallas separadas en otras etapas por lo que se considera solo la etapa final como la etapa con más fallas.

3. ¿Cuál es el porcentaje de inspección del producto terminado del total de la producción?

La inspección se realiza a todos los productos y el proceso se realiza a la salida del horno en su mayoría con las baldosas en movimiento lo que ocasiona que la inspección no sea del todo eficiente.

4.- ¿Cuál es la falla más difícil de detectar? ¿Por qué?

Las fallas más difíciles de detectar son los defectos en el borde, por el ángulo de visión del inspector que esta a un costado le es más difícil de visualizar las fallas del extremo opuesto.

5.- ¿En qué etapas de producción se puede reciclar el producto?

El producto se puede reciclar antes del ingreso al horno es decir que si se detectan las fallas en este punto se puede reciclar el material de esta manera se reducirían las perdidas.

6.- ¿Cómo cree usted que se podría mejorar el control de calidad en los cerámicos?

San Lorenzo y Celima ya cuentan con un control automatizado, para las otras empresas indican que se puede añadir personal para mejorar la revisión de las baldosas, también se propone la inspección antes del horno.

7.- ¿Qué se necesitaría para poder inspeccionar el 100% de los productos terminados?

Actualmente ya cuentan con personal o con un sistema automatizado para la revisión, pero al realizarse el proceso en las fajas transportadoras los inspectores no tienen mucho tiempo para revisar por lo que no es 100% eficiente.

8.- ¿Qué información se necesita de los productos inspeccionados?

Clasificar el tipo de falla, esto indica que el sistema puede ser realimentado corrigiendo el origen de las fallas encontradas ya que si los índices aumentan puede ser a causa de algún desperfecto de alguna etapa de producción.

9.- ¿En qué etapa cree usted que se debería de realizar una inspección del 100% para reducir las fallas encontradas en el producto final?

Las empresas que no cuentan con sistema automatizado sugirieron en la etapa de esmaltado o en la etapa de impresión ya que tiene identificado algunas fallas generados en esas etapas como son las manchas.

10.- ¿Cuántas baldosas se producen por minuto?

Aquí la respuesta fue variada ya que depende del modelo producido pero el promedio es similar y abarca entre 90 y 140 baldosas por minuto aproximadamente, esto indica que el sistema debe de tardar menos de 0.4 segundos para la clasificación del producto.