



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**TEMA:**

**Sistema de Reconocimiento de Expresión Facial para la Detección de Emociones: Prototipo para Medir el Nivel de Satisfacción de Servicio al Cliente en la Recepción de la Carrera de Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**

**AUTOR:**

**Navarro Briones, Juan Daniel**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**TUTOR:**

**Ing. Célleri Mujica, Colón Mario, Mgs.**

**Guayaquil, Ecuador**

**5 de marzo del 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**  
**COMPUTACIONALES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Navarro Briones, Juan Daniel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales**.

**TUTOR**

f.   
Ing. Céleri Mujica, Colón Mario, Mgs.

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f.   
Ing. Camacho Coronel, Ana Isabel, Mgs.

**Guayaquil, a los 5 días del mes de marzo del año 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**  
**COMPUTACIONALES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Navarro Briones, Juan Daniel**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Sistema de Reconocimiento de Expresión Facial para la Detección de Emociones: Prototipo para Medir el Nivel de Satisfacción de Servicio al Cliente en la Recepción de la Carrera de Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 5 días del mes de marzo del año 2020**

**EL AUTOR**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Navarro Briones, Juan Daniel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**  
**COMPUTACIONALES**

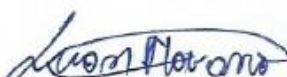
## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Navarro Briones, Juan Daniel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Sistema de Reconocimiento de Expresión Facial para la Detección de Emociones: Prototipo para Medir el Nivel de Satisfacción de Servicio al Cliente en la Recepción de la Carrera de Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 5 días del mes de marzo del año 2020**

**EL AUTOR:**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Navarro Briones, Juan Daniel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**  
**COMPUTACIONALES**

**REPORTE DE URKUND**

URKUND

Documento: [Trabajo Titulación FINAL.doc](#) (D63595334)

Presentado: 2020-02-07 09:07 (-05:00)

Presentado por: jose.erazo@cu.ucsg.edu.ec

Recibido: jose.erazo.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Tesis: Juan Navarro [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 36 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

- [DOCUMENTO DE TESIS 22 AGOSTO.docx](#)
- [MEDINA GUERRERO-capitulos 1 y 2-diciembre 17.docx](#)
- <https://global.oup.com/ushe/product/the-nature-of-emotion-9780195089448?cc=ec&lang=...>
- <https://www.google.com/search?q=Estaduto+Universitario+UCSG%253A+Reforma+2011+y...>
- <https://zerintia.com/blog/que-nos-ofrece-la-inteligencia-artificial-y-los-servicios-cognitivos/>
- <https://docplayer.es/84107188-Universidad-de-guayaquil.html>

Fuentes no usadas

0 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

Fecha de elaboración: 7 de febrero de 2020

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, por darme las ideas que sirvieron para el desarrollo del presente trabajo de titulación, y por darme una familia, base clave durante el transcurso de toda mi carrera universitaria.

A mis padres, por todos los sabios consejos y ayuda incondicional.

A mi hermana, por su compañía durante este trayecto.

A mis amigos, y profesores, que, con su apoyo y conocimientos, ayudaron a la culminación de este proyecto.

Juan Daniel Navarro Briones

## **Dedicatoria**


El presente trabajo va dedicado a mi familia, que con su humildad y sencillez me enseñaron lo bueno y lo malo de la vida. Siempre serán mi motivación principal para seguir adelante.

Juan Daniel Navarro Briones




**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Camacho Coronel, Ana Isabel, Mgs.**

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Toala Quimí, Edison José, Mgs.**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Morejón Campoverde, José Lenin, Mgs.**  
OPONENTE



# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Pregunta de investigación.....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 Justificación .....	6
1.5 Alcance .....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL Y LEGAL .....	9
2.1 Las emociones.....	9
2.1.1 Expresiones emocionales .....	10
2.2 La expresión facial.....	11
2.2.1 Análisis de la expresión facial. ....	11
2.3 Computación afectiva .....	14
2.4 Sistemas de detección de expresiones emocionales .....	14
2.5 Computación en la nube .....	16
2.5.1 Modelos de servicios en la nube .....	16
2.5.2 Clasificación de despliegue en la nube .....	17
2.6 Microsoft Azure.....	18
2.6.1 Servicios cognitivos.....	19

2.7	Almacenamiento en la nube .....	21
2.8	Algoritmos de detección facial .....	22
2.8.1	Detección de rostro .....	22
2.8.2	Detección y registro de puntos faciales.....	25
2.8.3	Clasificación de expresiones faciales y emociones.....	25
2.9	Uso de las TICS en el servicio al cliente.....	28
2.10	Algunas conceptualizaciones .....	28
2.10.1	Raspberry Pi .....	29
2.10.2	Arduino.....	29
2.10.3	Base de datos MySQL .....	29
2.10.4	Lenguaje de programación C#.....	29
2.10.5	Lenguaje de programación C++.....	30
2.10.6	Lenguaje de programación Python .....	30
2.10.7	JSON .....	30
2.11	Sustento Legal.....	30
2.12	Ámbito de Aplicación .....	32
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y RESULTADOS.....		33
3.1	Metodología de la Investigación .....	33
3.2	Metodología de desarrollo .....	34
3.2.1	Primera Fase: Recolección de información.....	34
3.2.2	Segunda Fase: Reconocimiento de las emociones de los clientes y módulo de gestión.....	34
3.2.3	Tercera Fase: Calificador de atención.....	35

3.2.4	Cuarta Fase: Pruebas funcionales e integrales.....	35
3.3	Análisis de Resultados.....	35
3.4	Conclusión .....	37
CAPÍTULO IV PROPUESTA TECNOLÓGICA.....		39
4.1	Introducción .....	39
4.2	Objetivo.....	39
4.3	Responsables .....	39
4.4	Descripción de la solución. ....	39
4.4.1	Diseño lógico.....	40
4.4.2	Modelo de Base de Datos .....	40
4.5	Desarrollo del prototipo.....	43
4.5.1	Almacenamiento de la imagen .....	48
4.5.2	Carga de datos.....	48
4.5.3	Detección de las emociones .....	49
4.6	Electrónica del prototipo .....	52
4.6.1	Sensor Sharp .....	52
4.6.2	Placa arduino nano .....	53
4.6.3	Módulo cámara Raspberry .....	53
4.6.4	Raspberry PI .....	53
4.7	Validación del Sistema.....	54
4.8	Costos de los componentes utilizados.....	56
CONCLUSIONES .....		57
RECOMENDACIONES.....		58

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
APÉNDICE.....	65
Apéndice A. Manual de Usuario .....	65
Apéndice B. Prototipo.....	67
Apéndice C. Entrevistas .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Comparación de motores de expresión facial. Nota: Elaborado por el autor.....</i>	27
Tabla 2 Diccionario de datos. Nota: Elaborado por el autor.....	41
<i>Tabla 3 Acciones faciales relacionadas a la emoción. Nota: Adaptado de Paula Ekman ( 2009) .....</i>	50
<i>Tabla 4 Porcentaje de éxito, resultado de Azure en base a imágenes de CK + Y DBIF. Adaptado de Patrono, Podo y Rametta (2019).....</i>	56
<i>Tabla 5 Costos de los componentes. Adaptado por el autor .....</i>	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Unidades de Acción (AU), parte superior y baja del rostro. Tomado de "Desarrollo de un avatar animado con expresión de emociones básicas", por Medina, Starostenko, &amp; Ruiz-Castillo (2013).</i> .....	13
<i>Figura 2 Puntos de referencia de la cara. Tomado de Microsoft Azure (2020)</i> .....	21
<i>Figura 3 Detección de cara. Tomado de Microsoft Azure (2020)</i> .....	23
<i>Figura 4 Esquema algoritmo Viola-Jones: Adaptado por el autor</i> .....	24
<i>Figura 5 Reconocimiento de emociones. Tomado de Microsoft Azure (2020)</i> .....	25
<i>Figura 6 Diagrama lógico del proyecto. Adaptado por el autor.</i> .....	40
<i>Figura 7 Modelo ER del sistema. Nota: Elaborado por el autor.</i> .....	41
<i>Figura 8 Formato del sistema JSON. Nota: Adaptado por el autor</i> .....	43
<i>Figura 9 Página inicio del sistema. Nota: Adaptado por el autor.</i> .....	44
<i>Figura 10 Página de inicio, carga de datos. Nota: Adaptado por el autor. ...</i>	44
<i>Figura 11 Página de inicio, detalle de registros. Nota: Adaptado por el autor.</i> .....	45
<i>Figura 12 Página de estadísticas. Nota: Adaptado por el autor.</i> .....	46
<i>Figura 13 Página de usuarios. Nota: Adaptado por el autor.</i> .....	46
<i>Figura 14 Página de carreras. Nota: Adaptado por el autor</i> .....	47
<i>Figura 15 Página de inicio, secretaria. Nota: Adaptado por el autor</i> .....	47
<i>Figura 16 Referencias para la llamada al servicio. Nota: Adaptado por el autor</i> .....	48
<i>Figura 17 Descarga de los datos desde la nube. Nota: Adaptado por el autor.</i> .....	49

<i>Figura 18 Selección del servicio a utilizar. Nota: Adoptado por el autor. ....</i>	52
<i>Figura 19 Diagrama Eléctrico. Nota: Adoptado por el autor.....</i>	52
<i>Figura 20 Comparación entre los resultados positivos del análisis de emociones devueltos por Azure para cada imagen en Db - IF y CK +. Adaptado de Patrono, Podo y Rametta (2019).....</i>	55

## ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A. Manual de Usuario.....	65
Apéndice B. Prototipo. ....	67
Apéndice C. Entrevistas.....	69



## RESUMEN

Este proyecto busca mejorar el proceso de calificación de la atención en la recepción de la Facultad de Ingeniería, Carrera de Computación de la UCSG, donde el objetivo principal es predecir la calidad de atención al cliente, basada en el reconocimiento de emociones por medio de la expresión facial del cliente. Para el análisis facial se utilizó la tecnología basada en la nube, Azure Face Api, un motor de expresión facial que permite la detección de caras basado en el algoritmo Viola-Jones; con respecto al proceso de captura de imagen se utiliza una placa Raspberry Pi con su cámara, conectada a una placa arduino y un sensor que detectará la presencia de la persona; para el desarrollo de la solución, se vinculan las diferentes tecnologías utilizadas en una sola aplicación donde se muestra la calificación en curso de la atención, desarrollada en el lenguaje C#. Para el proyecto se utilizó la investigación cualitativa y exploratoria, utilizando la entrevista como técnica de recolección de datos, la misma que se realizó a tres personas del área de la recepción. Del levantamiento de datos, se conoció la forma de realizar el proceso manual de la calificación, reconociendo la necesidad de una actualización y automatización de este proceso. Luego de las pruebas realizadas se pudo constatar la facilidad de uso y ventajas que proporciona su implementación para un mayor control por parte del personal asignado, creando análisis más profundos, que con los métodos convencionales resultaba imposible establecer.

**Palabras Claves:** Machine Learning; Expresión facial; Análisis de emociones; Calidad de atención al cliente; Detección de caras; Computación afectiva.

## **Abstract**

This project seeks to improve the process of qualification of the attention at the reception of the Faculty of Engineering, Computer Career of the UCSG, where the main objective is to predict the quality of customer service, based on the recognition of emotions through the customer facial expression. For facial analysis, cloud-based technology, Azure Face Api, a facial expression engine that allows face detection based on the Viola-Jones algorithm was used; with respect to the image capture process, a Raspberry Pi board is used with its camera, connected to an arduino board and a sensor that will detect the presence of the person; for the development of the solution, the different technologies used in a single application are linked where the current qualification of the attention is shown, developed in the C # language. Qualitative and exploratory research was used for the project, using the interview as a data collection technique, the same one that was carried out to three people from the reception area. From the data collection, it was known how to perform the manual qualification process, recognizing the need for an update and automation of this process. After the tests carried out, it was possible to verify the ease of use and advantages that its implementation provides for greater control by the assigned personnel, creating deeper analyzes, which with conventional methods was impossible to establish.

**Key words:** Machine learning; Facial expression; Emotion analysis; Quality of customer service; Face detection; Affective computing.

## INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones con robótica en general animada por computadora, como lo es la Inteligencia Artificial, hoy en día brindan una nueva dimensión en la interacción computador - humano, lo que lo hace de suma importancia ya que las computadoras pueden definitivamente afectar la vida social en las actividades cotidianas. Del uso que se lo aplique, ya sea de bien o para mal, depende del ser humano.

Es importante mencionar que la comunicación cara a cara es un proceso humano en tiempo real ejecutado en milisegundos por lo que el tiempo resulta considerable, por ende, el humano como la máquina deben confiar en perceptivas sensoriales primitivas. Las expresiones faciales forman un papel muy importante en la comunicación humana, por medio de estas se puede determinar estados de ánimo del individuo, consiguiendo una mejor comprensión en la comunicación.

Charles Darwin, en su influyente libro "*The Expression of the Emotions in Man and Animals*", reeditado por el famoso psicólogo Paul Ekman (Ekman, 2009), explica que la expresión facial puede influir en el curso de la comunicación con otra persona al momento de expresar las emociones, opiniones, como también las intenciones, de una manera eficiente. Adicionalmente en sus estudios sobre el comportamiento humano, expone que tales expresiones, proporcionan también información sobre el estado cognitivo de una persona, es decir, condiciones como el aburrimiento, la confusión, el estrés, entre otros.

En este contexto, el presente trabajo trata del diseño y desarrollo de un prototipo tecnológico para una solución de atención al cliente, basada en la codificación facial, permitiendo captar las emociones humanas a través de expresiones faciales. Con el análisis de estas expresiones se puede probar el impacto de cualquier contenido, producto o servicio que se supone que provoca excitación emocional y respuestas faciales.

Como respuesta al desarrollo de este nuevo sistema en la Institución, lo que se busca o se pretende, es mejorar la calidad del servicio al cliente

que se brinda en la recepción de la Carrera de Ciencias de la Computación, marcando la diferencia entre las demás facultades, para lo cual se ha estructurado el documento de la siguiente forma:

El capítulo 1 engloba la problemática a resolver, la hipótesis, los objetivos, la justificación y el alcance del estudio investigativo; el capítulo 2 trata las teorías y principios del reconocimiento facial, la detección de emociones, conceptos de la computación afectiva, así como también procesos de medición de calidad en la atención al cliente y las emociones que se generan, además de normas y estándares que dan soporte al estudio investigativo; el capítulo 3 menciona la metodología investigativa y el análisis de los resultados; el capítulo 4 incluye la definición de la propuesta, el resultado de la solución tecnológica; el cierre de este trabajo investigativo se lo realiza con recomendaciones y conclusiones que dan soporte al cumplimiento de los objetivos antes identificados.

# CAPÍTULO I EL PROBLEMA

Las expresiones de emociones presentes en el servicio al cliente, es una de las nuevas maneras para usar el análisis de emociones, determinando la satisfacción de la persona, a diferencia del sistema de calificación manual actual en la recepción de la carrera Ciencias de la Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil: la botonera calificadora de atención. En este capítulo se da a conocer la problemática presentada al momento de medir la calidad de la atención al cliente en la recepción de la Carrera, utilizando la botonera calificadora.

## 1.1 Planteamiento del Problema

A pesar de que, el servicio al cliente en ocasiones no se le presta la debida importancia en una empresa, o institución, esto no debería suceder. Una buena atención al usuario puede marcar una diferencia significativa entre un cliente satisfecho y un cliente insatisfecho.

Vivimos en una época donde las redes sociales abundan amplificando las opiniones de los usuarios sobre algún producto o servicio hacia los demás. Es lamentable cuando estudiantes o padres de familia que luego de haber sido atendidos en la recepción, se quejan por el servicio. Entonces es aquí donde hay que plantearse lo siguiente: “¿Si todo el mundo va hablar de la atención al cliente que brinda una institución, no será mejor de que hablen bien?”

Muy a parte de las quejas de los usuarios, está el hecho de la forma actual de poder determinar la calidad de la atención brindada al cliente: por medio de una botonera calificadora de atención, la cual limita la calificación a solo cuatro medidores que son: Excelente, bueno, regular y malo, donde no existe un control ni alguna información que direcciona hacia la correcta calificación del servicio brindado, es más, hoy en día dicha botonera no se encuentra en funcionamiento, y si alguna vez lo estuvo, el resultado de la calificación no pudo haber sido la más óptima.

Con esta nueva forma de medir el nivel de calidad de servicio al cliente en la recepción de la facultad Ciencias de la Computación, se estará de cierta forma monitoreando la manera con la que es atendida a la persona por

parte del personal de la institución sin estar accionando algún sistema o dispositivo, enfocándose más en la comunicación del cliente con la secretaria, promoviendo la buena atención al cliente previo a la calificación optima al trabajo realizado de la secretaria y en caso de presentarse alguna situación poder tomar una decisión acorde.

Es importante saber que los clientes son cada vez más exigentes, ya no sólo buscan precio o calidad, sino una buena atención, un trato personalizado, un servicio rápido, convirtiéndose así en un valor agregado para la institución, y a la vez se marca la diferencia.

## **1.2 Pregunta de investigación**

El presente trabajo está dirigido a automatizar y mejorar el proceso de atención al cliente en la recepción de la carrera Ciencias Computacionales de la UCSG, en consecuencia, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación:

¿Puede la implementación de un sistema de reconocimiento de expresiones emocionales a través de un prototipo mejorar el proceso de atención al cliente en la carrera Ciencias Computacionales de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil?

Las variables que participan en esta interrogante son:

Independiente: Sistema detector de expresiones emocionales.

Dependiente: El proceso de atención al cliente en la recepción.

## **1.3 Objetivos de la investigación**

Para esta investigación se ha propuesto los siguientes objetivos con la finalidad de solucionar la problemática antes planteada:

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar y desarrollar un prototipo de reconocimiento de expresión facial para la detección de emociones y medición del nivel de satisfacción de servicio al cliente en la recepción de la Carrera Ciencias de la Computación de la UCSG.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las expresiones faciales que están estrechamente relacionadas con el proceso de atención en la recepción de la carrera de Ciencias de la Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Desarrollar el componente informático que permitirá mecanizar el reconocimiento de las expresiones faciales usando una placa computadora.
- Evaluar los resultados de calidad obtenidos del componente informático en la recepción de la Carrera de la Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

### **1.4 Justificación**

El diseño y desarrollo del prototipo de detección de expresiones faciales para determinar las emociones presentadas en la atención de los clientes en la recepción de la carrera Ciencias Computacionales, como solución tecnológica tiene como finalidad contribuir en la mejora de los procesos de medición de calidad en el área del servicio al cliente en la institución apoyándose en herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial de nueva implementación, que dan como resultado información con un nivel de exactitud más preciso con respecto a los métodos convencionales que se han llevado a cabo.

Con el desarrollo de este prototipo se pretende a la vez dejar planteado conceptos, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes con respecto al estudio de las emociones en la inteligencia artificial, que sirvan como base para futuras investigaciones, mejoras o implementaciones, que busquen promover o crear nuevas formas rápidas de obtener un aporte auténtico de clientes potenciales.

La teoría de la computación afectiva (ACT), como una nueva área de investigación que se combina con la ciencia computacional, la ciencia psicológica y la ciencia cognitiva, ha atraído muchas inquietudes de la academia y los círculos industriales desde que fue propuesta en 1995 por el

profesor R. Picard del MIT Media Lab de Estados Unidos, y se ha aplicado ampliamente en la interacción humano-computadora, cuidado de la salud, educación a distancia, etc.(Lu et al., 2015, p. 177)

Con el uso de la Computación Afectiva (herramienta que permite mejorar la relación hombre-computador, con aspectos afectivos o emocionales), se desarrollará una nueva manera de determinar la calidad de servicio al cliente en la recepción de la Carrera de Ciencias de la Computación de la UCSG aprovechando la Inteligencia Artificial apoyada en plataformas basadas en la nube, reconociendo de manera automática expresiones faciales del cliente y por medio del sistema de detección de emociones procesado en una placa computadora, determinar aspectos afectivos, que servirán como información resultante y de determinación con respecto al trabajo de la persona encargada en el puesto (La recepcionista).

La institución podrá contar con información precisa obtenida de los resultados proporcionados por la herramienta tecnológica, pudiendo enfocarse en la correcta visualización y manejo por parte del usuario de la aplicación, para tomar medidas e introducir nuevos cambios o mejoras y así poder evaluar las consecuencias en el menor tiempo posible. Con la aplicación, el área administrativa de la carrera Ciencias Computacionales podrá comprobar las opiniones de los clientes respecto a la atención recibida, encontrar áreas y puntos de mejoras, saber cómo se está brindando la atención y poder mejorarla, tener la información controlada de manera estadística, esto es, poder clasificar por cada estado emocional el porcentaje de personas que han sido atendidas al final del día.

## **1.5 Alcance**

Para el desarrollo del prototipo de reconocimiento de expresión facial para la detección de emociones, se han determinado los siguientes puntos como alcance:

### **Identificación de las expresiones faciales en la atención al cliente:**

- Horarios y listado de atención al cliente en la recepción.
- Uso de metodologías de recolección de datos.



- Análisis y refinación de los datos obtenidos.

### **Reconocimiento de las expresiones faciales:**

- Uso de una cámara raspberry pi v2.1 para la obtención de las imágenes de las caras.
- Implementación de herramientas de Microsoft Azure basadas en la nube para el análisis facial.
- Uso de una placa computadora para el proceso de la obtención del análisis y muestreo de información.
- Verificación de los resultados obtenidos por el módulo.

### **Visualización detallada de la calidad en la atención al cliente:**

- Diseño estructural de la aplicación.
- Diseño de los datos de la aplicación.
- Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación.
- Pruebas y validaciones del diseño.
- Desarrollo de la aplicación.
- Pruebas técnicas y funcionales
- Elaboración de manuales de usuario.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL Y LEGAL**

En lo que se refiere a la inteligencia artificial, es un campo extenso, donde lo que se va a tratar en este capítulo es solo una pequeña parte de lo que engloba este tema en general. La rama investigativa es la computación afectiva, donde a continuación se explican conceptos, teorías y el uso de herramientas y aplicaciones que se utilizan en el reconocimiento de expresiones faciales, partiendo del análisis de estudios de diferentes autores, para que, de esta manera, tener una base de sustento a la propuesta tecnológica, y así facilitar la comprensión de la solución de la problemática.

### **2.1 Las emociones**

Desde la infancia de la persona las emociones cumplen un rol fundamental para la experiencia, supervivencia y desarrollo humano. A través de ellas se va configurando la personalidad y manera de percibir y sensibilizarnos ante el mundo. Diariamente nos relacionamos a través de una gama de emociones, tales como la alegría, enojo, miedo y tristeza, con distinta magnitud y frecuencia (Cereceda et al., 2010, p. 31). Es por ello que podemos estar de acuerdo de que las emociones son el sentido de lo que nos hace humano, ya que influyen en las relaciones sociales, en las rutinas, en la percepción de como vemos las cosas y en la memoria. Pudiéndolas identificar a través de la expresión en el rostro y así reconocer el estado de ánimo de la persona.

Haciendo nuevamente énfasis en el estudio realizado por Charles Darwin en el libro *“The Expression of the Emotions in Man and Animals”*, donde sus conceptos se han destacado en publicaciones de autores profesionales, se establece detalladamente manifestaciones de más de 40 estados emocionales, basándose en aquello, Paul Ekman, psicólogo destacado del siglo XX por su valioso aporte al estudio de las emociones y su expresión facial, en su famoso libro *“The Nature of Emotion”* (Ekman & Davidson, 1994), hace referencia al trabajo de Darwin llegando a establecer, un modelo de clasificación de 7 emociones denominadas básicas: felicidad, tristeza, sorpresa, miedo, ira, disgusto y neutral.

En 1972, Ekman, publicó una lista de ciertas expresiones faciales que se utilizan en todo el mundo, donde dispone de las siete emociones básicas. Paul Ekman utiliza el término de emociones básicas para enfatizar el rol que la evolución ha jugado en formar ambas, la expresión y la función de las emociones (Suárez, 2016, p. 4).

Pudiendo de esta manera coincidir que no toda expresión facial necesariamente se simbolice con alguna emoción. Es por esto que, para la investigación solo se hace énfasis en el reconocimiento de estas 7 emociones básicas definidas por Ekman, más una emoción más: el desagrado, proporcionada por el servicio en la nube que se va a utilizar, el cual será explicado más adelante.

Ekman detectó también que, la cultura no es ningún determinante en las expresiones faciales de las emociones, sino que son más bien universales y tienen, por consiguiente, un origen biológico (Suárez, 2016, p. 3). Haciendo que el prototipo de reconocimiento emocional a implementar sea válido ante el aspecto cultural de cualquier persona con la que sea tratada, esto gracias a que la tecnología a usar se basa en los estudios por Ekman.

Adicionalmente, para el presente trabajo, es necesario saber cuánto es el tiempo que dura una emoción. Según Alicia en su blog académico, menciona que no hay un concepto sobre cuánto dura exactamente una emoción, lo que sí se sabe es que los estados de ánimo duran más tiempo, según estudios. Las emociones son más inmediatas a la vez muy breves, estas duran desde 2 segundos hasta 90 segundos, como máximo (Martos, 2019).

### **2.1.1 Expresiones emocionales**

Ciertamente el rostro nos provee información relacionada con la identidad, pero a su vez se convierte en una ventana hacia el estado emocional de las personas (Pérez et al., 2014).

Es por ello que podemos concordar que los cambios que se dan en las emociones son una referencia primordial para el estudio de las

expresiones faciales emocionales, debido a que uno de los principales indicadores emocionales en el cuerpo es la cara.

## **2.2 La expresión facial**

Los músculos esqueléticos de la cara son diferentes de los músculos esqueléticos del resto del cuerpo. En la cara, muchos de los músculos esqueléticos se unen directamente a la piel u otros músculos esqueléticos, no a los tendones ni a los huesos. Esto significa que una pequeña contracción en uno de los músculos faciales tirará de la piel de la cara y, por lo tanto, cambiará la expresión (Science Learning Hub, 2007). En otras palabras, los músculos del rostro no mueven los huesos, sino la piel, además de otros músculos, por lo que la actividad muscular facial está especializada para las expresiones.

Durante el proceso de comunicación un alto porcentaje de la información transmitida no es propiamente verbal; en una conversación podemos identificar lo siguiente: el lenguaje verbal representa el 7 %, la información vocal como la resonancia, tono, entonación, etc. el 38 % y el lenguaje corporal como gestos, posturas, movimientos faciales, etc., el 55 % (Medina et al., 2013). Es por esto que se determina el enfoque del estudio de la presente investigación en uno de los aspectos durante la transición de información por medio de las expresiones faciales.

### **2.2.1 Análisis de la expresión facial.**

Según un estudio realizado por la Universidad Estatal de Ohio y publicado en Proceedings of National Sciences, a través del reconocimiento de la expresión facial es posible encontrar qué emoción siente el usuario, distinguiendo entre 21 emociones diferentes (Du et al., 2014).

El análisis de la expresión facial basado por computador simula las habilidades de codificación que posee el ser humano, capturando respuestas emocionales, generando resultados con un porcentaje de precisión considerable. Pero, ¿Exactamente cómo funciona?

Para comprender mejor el funcionamiento del análisis de la expresión facial, nos remontamos a la década de 1960, donde surgen los primeros

estudios hechos por Woodrow W. Bledsoe que se basaron en investigaciones de computadoras de programación para reconocer rostros humanos.

Bledsoe fue uno de los fundadores de la IA (Inteligencia Artificial) y realizó contribuciones tempranas en reconocimiento de patrones y razonamiento automatizado. Su sistema consistía en seleccionar y elegir las coordenadas de algunas partes de la cara que eran ingresadas por alguien en una computadora, que luego terminaron utilizándose como coordenadas de reconocimiento. En 1964, ya había descrito la mayoría de los problemas que enfrentan los sistemas de reconocimiento facial y sus partes: cambio en la iluminación, giro de la cabeza en el proceso de reconocimiento, expresiones inapropiadas como muecas, envejecimiento y similares. Por eso estaba buscando otros procedimientos y descubrió que algunas partes de la cara cambian en la edad adulta solo por un mínimo: el tamaño del oído o la distancia entre las pupilas de los ojos (Ballantyne, 1996, p. 11).

A pesar de que fue una información clasificada, podemos coincidir que Bledsoe, Helen Chan y Charles Bisson pudieron crear el primer algoritmo de reconocimiento facial. Siendo este el inicio del estudio del reconocimiento de las expresiones faciales basado en computador, ya que sus técnicas fueron utilizadas para estudios futuros.

Estos enfoques y técnicas se usaron más tarde en los Laboratorios Bell, donde Goldstein, Harmon y Lesk describieron un vector que puede usarse para identificar 21 funciones subjetivas como el lóbulo de la oreja, el tamaño de la ceja, la longitud de la nariz, que más tarde fue la base para diseñar otras técnicas (Extracciones) utilizadas para reconocer la cara y sus partes (Ramakrishnan, 2018).

En 1973 Takeo Kanade implementa el primer sistema automático de reconocimiento facial, el cual utiliza un conjunto de 16 parámetros faciales que son proporciones de distancias, áreas y ángulos, para compensar la variación de tamaño de las fotos. Se utilizó una simple medida de distancia para verificar la similitud entre una imagen del conjunto de prueba y una imagen en el conjunto de referencia; se obtuvo una precisión entre el 45% y el 75%, dependiendo de los parámetros utilizados (Quezada, 2005, p. 53).

Luego en 1978, nuevamente Ekman junto con Wallace Friesen desarrollan el Sistema de codificación de acción facial denominado FACS, con el objetivo ya de codificar las expresiones faciales, donde los movimientos faciales son representados por un conjunto de unidades de acción llamados AU (Unidades de Acción). Cada AU se asemeja a los músculos de la cara. (Farnsworth, 2019).

A cada movimiento facial se le asigna un identificador, por ejemplo: AU2, describe el levantamiento del labio, AU19, describe el levantamiento de la esquina superior de la ceja, etc., en la figura 1 se detalla lo mencionado.









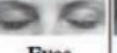
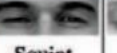
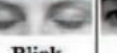

















Upper Face Action Units					
AU 1	AU 2	AU 4	AU 5	AU 6	AU 7
					
Inner Brow Raiser	Outer Brow Raiser	Brow Lowerer	Upper Lid Raiser	Cheek Raiser	Lid Tightener
*AU 41	*AU 42	*AU 43	AU 44	AU 45	AU 46
					
Lid Droop	Slit	Eyes Closed	Squint	Blink	Wink
Lower Face Action Units					
AU 9	AU 10	AU 11	AU 12	AU 13	AU 14
					
Nose Wrinkler	Upper Lip Raiser	Nasolabial Deepener	Lip Corner Puller	Cheek Puffer	Dimpler
AU 15	AU 16	AU 17	AU 18	AU 20	AU 22
					
Lip Corner Depressor	Lower Lip Depressor	Chin Raiser	Lip Puckerer	Lip Stretcher	Lip Funneler
AU 23	AU 24	*AU 25	*AU 26	*AU 27	AU 28
					
Lip Tightener	Lip Pressor	Lips Part	Jaw Drop	Mouth Stretch	Lip Suck

Figura 1 Unidades de Acción (AU), parte superior y baja del rostro. Tomado de "Desarrollo de un avatar animado con expresión de emociones básicas", por Medina, Starostenko, & Ruiz-Castillo (2013).

El trabajo de Ekman inspiró a muchos investigadores para analizar expresiones faciales en imagen y en video. Los trabajos posteriores de Ekman, se basaron en las ideas del sistema desarrollado por Kanade, tratando de mejorar los resultados obtenidos por su sistema FACS.

Todo reconocimiento facial generalmente implica tres procesos clave en su tratamiento: detección de rostros, extracción de características y clasificación. (Hajraoui et al., 2016). Por lo que, a inicios del siglo XXI, los métodos para las fases del reconocimiento ya mencionados (detección,

extracción y clasificación) desarrollaron soluciones completas, que hoy las conocemos como SDK (Software Development Kit), bibliotecas, por ejemplo: OpenCV, FaceTracker, y con el inicio de la tecnología en la nube, aparecen las herramientas soportadas por API (Application Programming Interface), como lo es Microsoft Azure.

### **2.3 Computación afectiva**

En 1997, Rosalind Picard, del laboratorio de medios del MIT, acuñó la frase computación afectiva para referirse a la habilidad de una computadora de reconocer, expresar y posiblemente, tener emociones (Medina et al., 2013, p. 4).

En base al concepto de R.Picard, la computación afectiva, estudia y analiza las emociones del ser humano para luego crear sistemas informáticos, que mediante algoritmos matemáticos podemos de cierta manera permitir al computador reconocer gestos que expresen información emocional.

Además, El cómputo afectivo se auxilia de la neurociencia, de la psicología, de la medicina y de diferentes ramas de la ingeniería, lo que lo convierte en un área de estudio multi-disciplinaria (Medina et al., 2013). El hecho de que la neurociencia y la psicología formen parte del estudio, es un soporte significativo para el análisis de la toma de decisiones de las personas frente a una situación distinta a la normal.

Las interfaces que se utilizan para el cómputo de las emociones incluyen sensores para captura de señales digitales, modelos para el procesamiento de estas señales y software especializado que incluye métodos de inteligencia artificial (Medina et al., 2013).

### **2.4 Sistemas de detección de expresiones emocionales**

Por medio del reconocimiento de emociones a través de imágenes o videos, se pueden desarrollar soluciones innovadoras aplicadas en varios entornos, como en el área de la medicina, del turismo, del marketing, en el área militar, entre otras. Dentro de cada campo habrá una o más soluciones que implementen esta tecnología.

En la actualidad, existen algunos ejemplos de sistemas de reconocimiento de emociones, como lo es la aplicación móvil para la monitorización de pacientes con trastornos de estado de ánimo (Seanglidet, 2016), la cual está en constante monitoreo del estado de ánimo del paciente y según los resultados se reproduce una canción para tratar de mejorar su estado emocional.

Otro ejemplo del cual, las empresas de marketing están apostando, son los sistemas para predecir el comportamiento de compra del cliente. La aplicación desarrollada por Bouzakraoui, es una de estas. La app analiza la expresión facial del cliente en relación a un producto, ya que, en su investigación ha llegado a establecer que la expresiones influyen en la toma de decisiones (Bouzakraoui, 2016).

A pesar de que esta tecnología ya está siendo implementada en varios escenarios, no se han visto sistemas aplicados a la medición de la calidad de la atención al cliente por medio de reconocimiento facial, convirtiendo el prototipo a desarrollar en una solución conveniente e innovadora. Hoy en día no es necesario el uso de procedimientos o métodos para el desarrollo de algoritmos de detección, debido a que es una tarea compleja y de un estudio más profundo y detallado, por ende, tomaría más tiempo.

En el presente trabajo no se pretende abordar a fondo el cómo se realiza la obtención de la emoción en una imagen, pero si la base para entender cómo se clasifica una emoción de una expresión facial. Es por esto el uso de APIs y SDK para la implementación. Se decidió usar la API proporcionada por el servicio en la nube de Microsoft Azure, denominada Azure Cognitive Services Face.

Azure Cognitive Services Face API ofrece algoritmos que se utilizan para detectar, reconocer y analizar caras humanas en imágenes. Face API detecta caras humanas en una imagen y devuelve las coordenadas del rectángulo de sus ubicaciones. Si lo desea, la detección de caras puede extraer una serie de atributos relacionados con la cara. Algunos ejemplos son la posición de la



cabeza, el sexo, la edad, las emociones, el vello facial y las gafas (Farley, 2019).

La solución propuesta utiliza la Inteligencia Artificial, por medio de una plataforma basada en la nube llamada Face API, que proporciona características de caras detectadas en una imagen, con la información obtenida, se podrá predecir la calidad de la atención al cliente en función del estado de ánimo de la persona atendida.

## **2.5 Computación en la nube**

Básicamente la computación en la nube consiste en los servicios ofrecidos a través de la red, tales como: correo electrónico, almacenamiento, aplicaciones, entre otras., los cuales son normalmente accesibles mediante un navegador web. Al utilizar estos servicios, la información utilizada y almacenada, así como la mayoría de las aplicaciones requeridas, son procesados y ejecutados por un servidor en Internet (Hernandez & Fuente, 2014).

### **2.5.1 Modelos de servicios en la nube**

Tres modelos arquetípicos y sus combinaciones derivadas describen la prestación de los servicios en la nube. A menudo se hace referencia a los tres modelos individuales como el “Modelo SPI,” donde “SPI” hace referencia a Software, Plataforma e Infraestructura (Hernández, 2014).

#### **2.5.1.1 Cloud Software as a Service (SaaS)**

En el Software de nube como servicio, la capacidad proporcionada al consumidor consiste en utilizar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura de nube. Puede accederse a las aplicaciones desde varios dispositivos del cliente. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente que incluye la red, servidores, sistemas operativos, almacenamiento o incluso capacidades de aplicaciones individuales (Hernández, 2014).

### **2.5.1.2 Cloud Platform as a Service (PaaS)**

En la Plataforma de nube como servicio, la capacidad proporcionada al consumidor es desplegar en la infraestructura de nube aplicaciones propias del consumidor. El cliente no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente que incluye la red, servidores, sistemas operativos o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones desplegadas y la posibilidad de controlar las configuraciones de entorno del hosting (alojamiento web) de aplicaciones (Hernández, 2014).

### **2.5.1.3 Cloud Infrastructure as a Service (IaaS)**

En la infraestructura de nube como servicio, la capacidad suministrada al consumidor es abastecerse de procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos computacionales fundamentales de forma que el consumidor pueda desplegar y ejecutar software arbitrario, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente pero tiene control sobre los sistemas operativos, almacenamiento, aplicaciones desplegadas (Hernández, 2014).

## **2.5.2 Clasificación de despliegue en la nube**

Independientemente del modelo del servicio que se esté utilizando (SaaS, PaaS, IaaS), existen 4 maneras en la que los servicios pueden ser desplegados en la nube.

### **2.5.2.1 Nube pública**

La infraestructura de nube se pone a disposición del público en general o de un gran grupo industrial y es propiedad de una organización que vende los servicios en la nube (Hernández, 2014).

### **2.5.2.2 Nube privada**

La infraestructura de nube se gestiona únicamente para una organización. Puede gestionarla la organización o un tercero y puede existir tanto en las instalaciones como fuera de ellas (Hernández, 2014).

### **2.5.2.3 Nube comunitaria**

La infraestructura de nube la comparten diversas organizaciones y soporta una comunidad específica que tiene preocupaciones similares (p.ej., misión, requisitos de seguridad, políticas y consideraciones sobre cumplimiento normativo). Puede ser gestionada por las organizaciones o un tercero y puede existir en las instalaciones y fuera de ellas (Hernández, 2014).

### **2.5.2.4 Nube híbrida**

La infraestructura de nube es una composición de dos o más nubes (privada, comunitaria o pública) que se mantienen como entidades separadas pero que están unidas por tecnología estandarizada o propietaria que permite la portabilidad de datos y aplicaciones (Hernández, 2014).

## **2.6 Microsoft Azure**

Es un conjunto de servicios informáticos en una nube pública y en expansión constante, que permite de esta manera el rápido desarrollo de soluciones informáticas con mayor flexibilidad en una red mundial, equipada con herramientas y plataformas de última tecnología, orientadas al almacenamiento, redes y cómputo.

Para acceder a estos recursos, Microsoft Azure gestiona un portal, donde se encuentran todas las diferentes tecnologías que provee en la nube como un servicio. Para hacer uso de un servicio, se debe crear un recurso, en base a la región que se solicite. Además, estos servicios según Microsoft están garantizados a una disponibilidad del 99.9 %, y en caso de problemas con acceso a estos, Microsoft se compromete a responder por los daños, contando de esta manera con certificaciones de seguridad y protección a los datos al día.

Para el desarrollo de la solución, se hace uso del servicio Face API de Microsoft Azure Cognitive services, el cual provee la información de características de una cara en la imagen luego de ser enviada al servicio para su análisis, dicha información será clasificada estadísticamente para el

estudio y la toma de decisiones ante la atención a los clientes en la recepción de facultad Ciencias de la Computación de la UCSG.

Todos los datos procesados y analizados por la Face API, serán guardados en la nube de Microsoft Azure que luego serán tomados para el análisis estadístico. El servicio de almacenamiento en la nube a utilizar es la base de datos multimodelo Azure Cosmos DB.

### **2.6.1 Servicios cognitivos**

Los servicios cognitivos de Microsoft y en general tratan de incorporar la interacción humana en la informática a través de la inteligencia artificial (IA), es decir, proporcionar a la maquina las mismas capacidades del ser humano, como pensar, tomar decisiones entre otras. Y que todo esté disponible para los desarrolladores, sin la necesidad de tener un conocimiento avanzado ni la experiencia necesaria en el funcionamiento de estas tecnologías, por medio de llamadas a APIs, incorporando características significativas a un proyecto software o hardware.

Para hablar de los servicios cognitivos que provee Microsoft Azure, hay que entender conceptos importantes que son base para el desarrollo de la solución. Como se mencionan anteriormente, los servicios se implementan mediante llamadas por API (Application Programming Interface), que son conjuntos de funciones o protocolos que pueden ser integrados a otros programas informáticos, es decir, no es necesario programar una función nueva para un sistema, basta con llamarla, permitiendo enfocarse en el desarrollo principal de dicho programa.

La inteligencia artificial, el aprendizaje maquina mejor llamado Machine learning y el Deep learning, son base fundamental para el entendimiento de los servicios cognitivos.

La Inteligencia Artificial tiene por objetivo el estudio y el análisis del comportamiento humano en los ámbitos de la comprensión, de la percepción, de la resolución de problemas y de la toma de decisiones con el fin de poder reproducirlos con la ayuda de un computador (Hardy, 2001).

Por otro lado, el aprendizaje maquina es un concepto derivado de la propia minería de datos y que permite el diseño de programas o algoritmos de aprendizaje que pueden aprender reglas a partir de datos, adaptar cambios instructivos sin necesidad de la mano del hombre (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

El deep learning es una forma de aprender automáticamente, a partir de datos, capas sucesivas de representaciones cada vez más significativas. Estas representaciones pueden utilizarse para detectar un patrón o para clasificar los datos (Sheel, 2019).

En los servicios cognitivos se integran los conceptos dados anteriormente ya que encierra software de aprendizaje y Machine Learning que captan datos almacenados de un sistema de Big Data y mediante los modelos diseñados realiza las interpretaciones solicitadas. Estas características son implementadas en las aplicaciones mediante API's (Zerintia, 2017).

Microsft Azure divide sus servicios cognitivos en 5 tipos: Decisión, lenguaje, voz, visión y búsqueda web, todos estos tienen en común que aplican la inteligencia artificial. Dentro del servicio de visión, tenemos:

- Computer Vision, análisis del contenido de las imágenes.
- Custom Vision, reconocimiento personalizado de las imágenes según las necesidades empresariales.
- Face, para detectar e identificar a personas en las imágenes.
- Form Recognizer, extraer texto, pares de clave valor, tablas de documentos.
- Ink Recognizer, reconoce entradas de lápiz digital e identifica manuscritos.
- Video indexer, para analizar canales visuales y de voz de un video.

El tipo de servicio que se va a implementar en la solución es Face, este servicio es accedido mediante un API, el cual permite detectar caras humanas en una imagen, ya sean rostros pequeños, grandes o borrosos,

además de esto, el servicio permite realizar predicciones basados en el aprendizaje automático de características y atributos como la edad, las emociones y el género, todo esto junto con 27 puntos de referencia para cada cara de la imagen, estos puntos son fáciles de encontrar en una cara, por ejemplo, la punta de la nariz, de las cejas, entre otros. En la figura 2 se aprecia los 27 puntos de referencia mencionados.

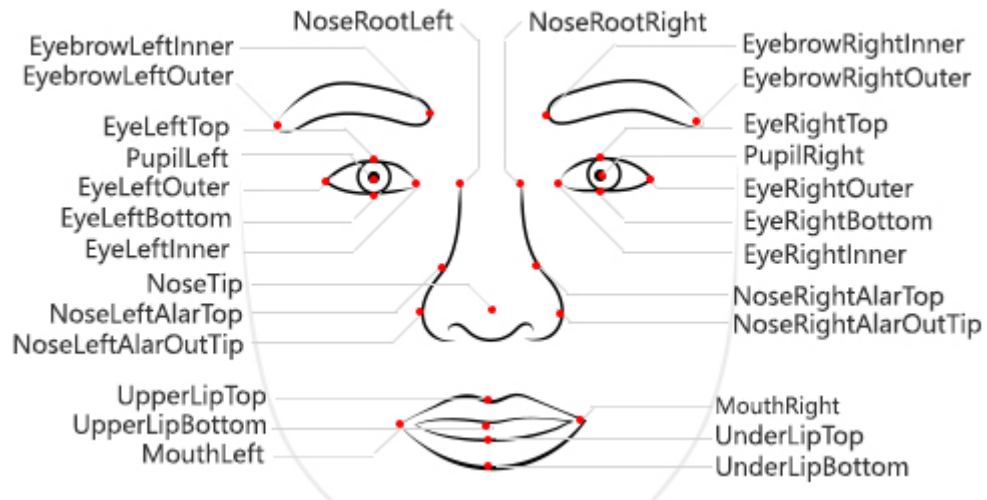


Figura 2 Puntos de referencia de la cara. Tomado de Microsoft Azure (2020)

Con respecto al reconocimiento de emociones, la Face API devuelve el grado de confianza de un conjunto de 8 emociones que son: enfado, desprecio, desagrado, miedo, felicidad, neutralidad, tristeza y sorpresa. Estas emociones se comparten entre culturas, es decir, son a nivel universal, sin importar color, raza, etc, la emoción de la cara podrá ser detectada.

## 2.7 Almacenamiento en la nube

Los servicios de almacenamiento en la nube de Microsoft y en general son también llamados *cloud computing*, implican una infraestructura informática invisible para el usuario, pero al utilizarla parece que se tuviera un equipo físico real, permitiendo la gran ventaja de determinar el número de procesamiento, el sistema operativo, el tamaño de memoria RAM y de disco de almacenamiento (Vázquez, 2015).

Con la migración de todos los datos a la nube, una empresa reduce a cero las inversiones en dispositivos de almacenamiento y el cambio de un modo de operación basado en infraestructura a un servicio. En realidad, el

almacenamiento en la nube es un ejemplo importante del paradigma IaaS (Infraestructura como servicio) y un componente importante de la tendencia actual de virtualización (Naldi & Mastroeni, 2016).

En la solución a desarrollar el servicio de almacenamiento en la nube a utilizar es la Azure Cosmos DB, una base de datos escalable horizontalmente y clasificada como una base de datos NoSQL.

Azure Cosmos DB es la base de datos multimodelo distribuida a nivel mundial de Microsoft. Con solo hacer clic en un botón, Azure Cosmos DB le permite escalar de forma elástica e independiente a través de la computadora y el almacenamiento en cualquier número de regiones geográficas de Azure. Ofrece garantías de rendimiento, latencia, disponibilidad y coherencia con acuerdos integrales de nivel de servicio (SLA), algo que ningún otro servicio de base de datos puede ofrecer (Gunda, 2019).

Gracias a las ventajas que ofrece esta tecnología basada en la nube, se ha optado por esta opción, Cosmos DB, como método de almacenamiento para las características proporcionadas por FACE API, con respecto a la detección de una cara en una imagen.

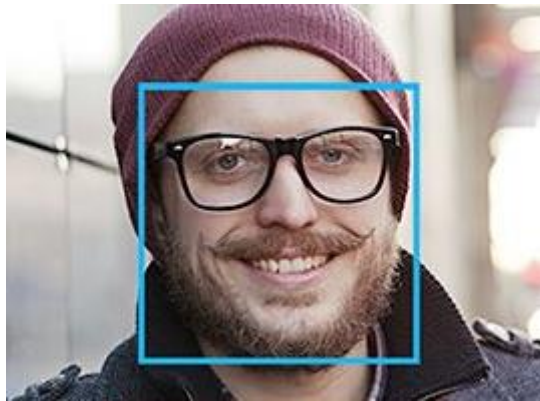
## **2.8 Algoritmos de detección facial**

Debido a que los servicios de Microsoft Azure no son de código abierto, no se encuentra detalles sobre su back-end. Pero sin embargo, gracias a la investigación realizada, se puede determinar que todos los motores de análisis de expresión facial comprenden los mismos pasos: Detección de rostro, detección y registro de puntos faciales y clasificación de expresiones faciales y emociones (Doerrfeld, 2019).

### **2.8.1 Detección de rostro**

La posición de una cara se encuentra en un cuadro o imagen de video, lo que se puede lograr por ejemplo mediante la aplicación del algoritmo Clasificador en cascada Viola Jones, el cual será explicado más adelante. Esto puede sonar complejo, pero también puede encontrar esta tecnología

en la cámara de los iPhone o Android. El resultado es un cuadro que enmarca la cara detectada. Ver figura 3.



*Figura 3 Detección de cara. Tomado de Microsoft Azure (2020)*

Para realizar la detección de objetos en la imagen, se necesita primero encontrar puntos de referencia, también llamados descriptores. Los descriptores son valores utilizados en imágenes para determinar objetos presentes en esta, por ejemplo, una mancha, una cara, etc., pudiendo descartar o encontrar diferentes regiones en la imagen, según los descriptores básicos: la forma, el brillo o la textura.

Aunque los descriptores más visibles en una imagen son los píxeles, estos, luego para una clasificación, resultan casi imposibles por su gran número de cantidad. Es por esto que se reduce la dimensión de la imagen, al área donde solo está el objeto que se quiere detectar, mediante métodos avanzados, como son los descriptores HOG o Haar, los cuales sintetizan los píxeles de la imagen en distintas formas.

### **2.8.1.1 Descriptores HOG**

El descriptor HOG (Histogram of Oriented Gradients) se utiliza para la detección en humanos. El pensamiento esencial detrás del HOG, es que la apariencia y la forma del objeto local dentro de una imagen se pueden describir mediante la distribución de gradientes de intensidad o direcciones de borde. La implementación de estos descriptores se puede lograr dividiendo la imagen en pequeñas regiones conectadas, llamadas celdas, y para cada celda compilando un histograma de direcciones de gradiente para el píxel dentro de la celda (Patel et al., 2016).



### 2.8.1.2 Descriptores Haar

Los descriptores Haar son unos de los más eficientes que se utilizan, gracias a su bajo trabajo de procesamiento. Éstos son los utilizados por el famoso algoritmo de detección de caras Viola-Jones. Estas características vienen de lo que se conocía como las wavelets de Haar. Buscan una región en la cual existe una gran diferencia de luminosidad y la subdivide en dos o varias áreas siendo rectángulos o cuadrados. Estas diferencias de luminosidad entre regiones pueden revelar la existencia de un objeto, por ejemplo, de una cara. Además, un estudio comparativo entre el método propuesto, el HAAR mejorado y el trabajo basado en CNN mostró una clara mejora en términos de precisión y otras medidas (Besnassi et al., 2019).

### 2.8.1.3 Algoritmo Viola-Jones

El algoritmo Viola-Jones, gracias a su alta tasa de acierto y bajo coste computacional se ha convertido en la opción número uno hasta el momento en lo que se refiere a la detección facial, a pesar de haber sido desarrollado para detectar solo objetos, se ha utilizado considerablemente para la detección de personas, pero también puede ser entrenado para detectar cualquier otro objeto.

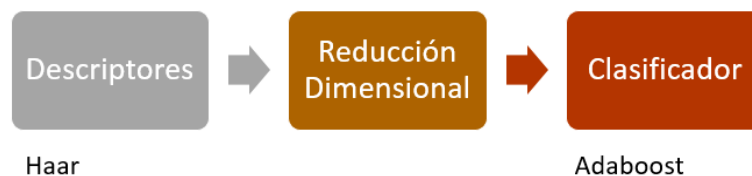


Figura 4 Esquema algoritmo Viola-Jones: Adaptado por el autor

En la figura 4 se muestra el proceso por el que tiene que pasar una imagen cuando se le aplica el algoritmo Viola-Jones, el clasificador Adaboost será explicado más adelante.

El esquema Viola-Jones se basa en múltiples clasificadores en forma de Haar en cascada. El concepto básico es utilizar un conjunto conjunto de clasificadores débiles para formar un clasificador fuerte. El núcleo de este esquema son las características tipo Haar, que se extraen esencialmente de la respuesta espacial de las funciones y derivados de Haar a un tipo dado de característica en una orientación dada dentro de la imagen. En la práctica,

las características tipo Haar se calculan como la suma de las diferencias de las intensidades de píxeles entre diferentes regiones rectangulares en una ubicación específica en una ventana de detección (Xu et al., 2016).

### 2.8.2 Detección y registro de puntos faciales

Una vez que ha sido la cara encontrada, se detectan puntos de referencia faciales como ojos y esquinas de los ojos, cejas, esquinas de la boca, punta de la nariz, etc. Después de esto, se ajusta un modelo de rostro interno en posición, tamaño y escala para que coincida con el rostro detectado, esto es, la integral de la imagen. Se puede imaginar esto como una malla virtual invisible que se coloca en la cara detectada. El modelo de rostro es una versión simplificada del rostro real. Tiene muchos menos detalles (las llamadas características) en comparación con la cara real. Las características ejemplares son puntos de referencia únicos como esquinas de las cejas, esquinas de la boca, punta de la nariz, así como grupos de características, como toda la boca, todo el arco de las cejas, etc. En la figura 2 se detallan los 27 puntos de referencias por el motor de expresión facial a utilizar.

### 2.8.3 Clasificación de expresiones faciales y emociones

Una vez que el modelo de cara simplificado está disponible, la información de posición y orientación de todas las características se introducen como entrada en algoritmos de clasificación que traducen las características en códigos de unidades de acción, estados emocionales y otras métricas afectivas. Ver figura 5.

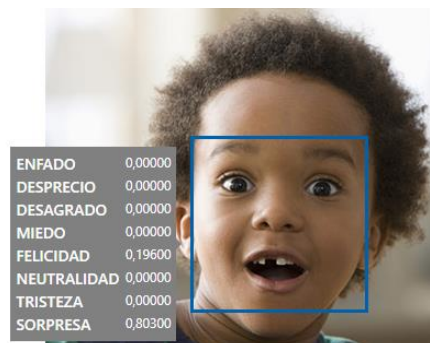


Figura 5 Reconocimiento de emociones. Tomado de Microsoft Azure (2020)

### **2.8.3.1 Clasificadores**

En la actualidad existen algunos clasificadores, de los cuales solo se tratará los más usados por los motores de expresión facial debido a su bajo coste computacional.

#### 2.8.3.1.1 SVM

El algoritmo SVM (Support Vector Machine), constituye un método basado en aprendizaje para la resolución de problemas de clasificación y regresión. En ambos casos, esta resolución se basa en una primera fase de entrenamiento (donde se les informa con múltiples ejemplos ya resueltos, en forma de pares {problema, solución}) y una segunda fase de uso para la resolución de problemas. En ella, las SVM se convierten en una “caja negra” que proporciona una respuesta (salida) a un problema dado (entrada) (Alvarez, 2016).

#### 2.8.3.1.2 Redes Neuronales

Las redes neuronales artificiales (RNA) son modelos matemáticos que intentan reproducir el funcionamiento del sistema nervioso, constituidos por un conjunto de unidades llamadas neuronas o nodos conectados unos con otros (Espinosa & Cárdenas, 2017).

Existen diferentes tipos de redes neuronales. En el caso de la clasificación de las emociones se usa el de reconocimiento de patrones, ya que es el que se implementa para clasificar las diferentes emociones del rostro. Las redes neuronales artificiales poseen un número de neuronas que varían según la elección del usuario, haciendo que el modelo sea ajustable a lo deseado. Es importante saber que no por tener mayor número de neuronas se obtendrá un mejor resultado (Bartual González, 2017).

#### 2.8.3.1.3 AdaBoost

La clasificación de Boosting se utiliza para aumentar el rendimiento de los árboles de decisión. Se emplea esta técnica porque mejora en las decisiones difíciles, es decir conforme pasa por las diferentes etapas de aprendizaje, descarta los errores para luego posteriormente centrarse en esos y tener una mejor tasa de acierto (Brownlee, 2016).

Para poder entender la forma en la que se logra determinar cierta característica de una imagen, es necesario entender de manera superficial los algoritmos de clasificación antes mencionados, ya que la tecnología a implementar (Azure Cognitive Service), ya trae consigo la implementación de estos algoritmos, permitiendo el enfoque en el desarrollo de la aplicación y el manejo de los datos. No obstante, los motores de expresión facial difieren según las métricas disponibles que se codifican automáticamente, como se puede comparar en la tabla 1:

*Tabla 1 Comparación de motores de expresión facial. Nota: Elaborado por el autor.*

<p>Emotient FACET</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación de la cabeza (yaw, pitch, roll).</li> <li>• 6 puntos de referencia faciales (la posición de los ojos y la nariz).</li> <li>• 7 emociones básicas.</li> <li>• 20 unidades de acción.</li> <li>• Sexo detectado y si el rostro usa o no lentes.</li> </ul>
<p>Afectiva AFFDEX</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación de la cabeza (yaw, pitch, roll).</li> <li>• Distancia interocular y 34 puntos de referencia faciales.</li> <li>• 7 emociones básicas.</li> <li>• 14 métricas de expresión facial (similar a las unidades de acción)</li> </ul>
<p>Noldus FaceReader</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación de la cabeza (yaw, pitch, roll).</li> <li>• 6 emociones básicas</li> <li>• 20 unidades de acción</li> </ul>
<p>Microsoft Face Detect (Cognitive</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación de la cabeza (yaw, pitch, roll).</li> <li>• 8 emociones básicas</li> </ul>

Service)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 27 unidades de acción</li></ul>
----------	---

## 2.9 Uso de las TICS en el servicio al cliente

Los clientes son la base fundamental de toda empresa, y mantener una buena relación es una causa para un negocio exitoso. Cabe recalcar que mientras más aspectos participen en la atención al cliente o esta sea compleja, los procesos en la atención se verán afectados, y a la vez los niveles propuestos por la organización no se cumplen terminando con clientes insatisfechos. Pero la clave siempre ha sido escuchar a los clientes, ofreciéndoles canales donde por medio de estos se recopila la información que luego será tratada para un mejor seguimiento de la satisfacción del cliente. El índice de satisfacción del cliente se introduce para medir la opinión del consumidor en forma de calificaciones con respecto a cada diseño en el conjunto de opciones (He et al., 2011).

Para medir la satisfacción, se han utilizado desde un inicio mecanismos tradicionales, como las encuestas o los buzones de sugerencias, el problema de estos mecanismos es que resultan dificultosos de cuantificar, además una pérdida de tiempo para el cliente, por lo tanto, suelen no ser llenados o ser evitados, perdiendo información relevante. Sin embargo y gracias a la implementación de las TICs (Tecnologías de información y Comunicación) que promueven el uso de dispositivos tecnológicos, ahora se puede recopilar y analizar la información de una manera más sencilla. Entre estos tenemos los kioscos electrónicos, los calificadores de atención con botonera y de servicios.

## 2.10 Algunas conceptualizaciones

En este apartado se mencionan tanto conceptos técnicos como el uso de diferentes tecnologías a considerar en el proyecto, para tener una mayor comprensión del funcionamiento y operatividad de la solución tecnológica.

### **2.10.1 Raspberry Pi**

Es un miniordenador creado sobre una placa un poco más grande que una tarjeta de crédito a la cual es posible conectar un monitor, un ratón y un teclado. Se le puede cargar un sistema operativo Linux con interfaz gráfica en ventanas y un número de programas preinstalados. No tiene disco duro y utiliza una simple tarjeta SD. Cuenta con unos pines de entrada – salida, configurables por lenguaje de programación como Python (Aliverti, 2019).

### **2.10.2 Arduino**

Arduino al igual que la Raspberry pi, es una plataforma para realizar rápidamente prototipos electrónicos. Es una pequeña placa que dispone de un microcontrolador. Arduino se programa con software gratuito, por lo general en el lenguaje C, lo que es una ventaja por su simplicidad de programación (Aliverti, 2019).

### **2.10.3 Base de datos MySQL**

En la actualidad tenemos una gran variedad de opciones al momento de escoger una base de datos, se escoge MySQL, por ser una herramienta de rápida implementación, de fácil entendimiento, y por el hecho de ser una de las bases más usadas por la comunidad, existe abundante documentación.

MySQL, el sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto por excelencia, sigue ganando usuarios de manera asombrosa. Aunque ya es conocida su sencillez de uso y su velocidad, capaz de manejar grandes bases de datos con millones de registros, se ha mejorado a sí mismo para adaptarse especialmente al desarrollo de sitios web y aplicaciones basadas en bases de datos (DuBois, 2005).

### **2.10.4 Lenguaje de programación C#**

C# es considerado un nuevo lenguaje de programación orientado a objetos basado en C/C++ y creado por Microsoft para su nueva plataforma .NET. Capaz de crear y utilizar componentes COM+ y DLL, así como servicios y aplicaciones Windows con la misma fiabilidad y rapidez que diseñar y crear aplicaciones Web y aplicaciones para dispositivos móviles,

su potencia reside en que contiene todas las funcionalidades añadidas de los lenguajes de programación modernos combinando la alta productividad de Visual Basic y la potencia de C/C++ y Java (Remon, 2017).

### **2.10.5 Lenguaje de programación C++**

Se trata de un lenguaje de programación basado en el lenguaje C, estandarizado (ISO/IEC 14882:1998), ampliamente difundido, y con una biblioteca estándar C++ que lo ha convertido en un lenguaje universal, de propósito general, y ampliamente utilizado tanto en el ámbito profesional como en el educativo (Sierra & Tome, 2007).

### **2.10.6 Lenguaje de programación Python**

Python es un lenguaje de programación interpretado, orientado a objetos y de alto nivel con semántica dinámica. Sus estructuras de datos integradas de alto nivel, combinadas con tipeo dinámico y enlace dinámico, lo hacen muy atractivo para el Desarrollo rápido de aplicaciones, así como para usarlo como un lenguaje de scripting o pegamento para conectar los componentes existentes. La sintaxis simple y fácil de aprender de Python enfatiza la legibilidad y, por lo tanto, reduce el costo del mantenimiento del programa (Sharma, 2018).

### **2.10.7 JSON**

JavaScript Object Notation (JSON) es un formato ligero basado en los tipos de datos del lenguaje de programación JavaScript. En esencia, los documentos JSON son diccionarios que consisten en pares clave-valor, donde el valor puede ser nuevamente un documento JSON, lo que permite un nivel arbitrario de anidamiento (Bourhis et al., 2017).

## **2.11 Sustento Legal**

Según el estatuto de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, en su artículo 100, indique para garantizar la calidad de Carreras, programas y procesos de investigación, se deberá contar con infraestructura académica y científica pertinente, propicia y con tecnologías actualizadas (UCSG, 2011).

Actualmente en el Ecuador y en las organizaciones intergubernamentales de la región no se ha expresado dentro del aspecto normativo sobre las tecnologías que tienen como recurso principal la inteligencia artificial, donde tarde o temprano deberá ser reglamentado dentro del contexto globalizado en el que se desenvuelve, más allá de la normativa general correspondiente a propiedad intelectual que se encuentra vigente (Páez, 2017).

La persona o personas que obtuvieren información sobre datos personales para después cederla, publicarla, utilizarla o transferirla a cualquier título, sin la autorización de su titular o titulares, serán sancionadas con pena de prisión de dos meses a dos años y multa de mil a dos mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica (Peña, 2013).

Según el “Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación” menciona:

Artículo 131.- Protección de software. - El software se protege como obra literaria. Dicha protección se otorga independientemente de que hayan sido incorporados en un ordenador y cualquiera sea la forma en que estén expresados, ya sea como código fuente; es decir, en forma legible por el ser humano; o como código objeto; es decir, en forma legible por máquina, ya sea sistemas operativos o sistemas aplicativos, incluyendo diagramas de flujo, planos, manuales de uso, y en general, aquellos elementos que conformen la estructura, secuencia y organización del programa. Se excluye de esta protección las formas estándar de desarrollo de software (Asamblea Nacional, 2015, p. 29).

Artículo 132.- Adaptaciones necesarias para la utilización de software. - Sin perjuicio de los derechos morales del autor, el titular de los derechos sobre el software, o el propietario u otro usuario legítimo de un ejemplar del software, podrá realizar las adaptaciones necesarias para la utilización de este, de acuerdo con sus necesidades, siempre que ello no implique su utilización con fines (Asamblea Nacional, 2015, p. 29).

Artículo 136.- Uso lícito del software. - Salvo pacto en contrario, será lícito el aprovechamiento del software para su uso en varias estaciones de



trabajo 21 mediante la instalación de redes, estaciones de trabajo u otros procedimientos similares (Asamblea Nacional, 2015, p. 29).

### **2.12 Ámbito de Aplicación**

La solución tecnológica será implementada en la computadora de la recepcionista de la facultad de ingeniería, Carrera Ciencias de la Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Será tomada como una versión de prueba donde se esperaría que, una vez comprobado los beneficios de la solución, pueda ser implementada por las demás carreras de la Universidad.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y RESULTADOS**

En este capítulo se detalla la metodología a utilizar para la obtención de los datos que servirán para el cumplimiento de los objetivos de la solución tecnológica a implementar para facilitar el control de la atención al cliente en la carrera Ciencias de la Computación de la UCSG. Por último, se indica los resultados obtenidos, producto de la investigación.

### **3.1 Metodología de la Investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo se utiliza dos métodos de investigación, estos son cualitativo y el exploratorio. La investigación cualitativa, debido a la forma de la recolección de los datos, y a su vez, con la presentación detallada de una solución tecnológica con la que se pretende promover el uso de una nueva herramienta para gestionar de una manera rápida y sencilla, el nivel de satisfacción de la atención al cliente.

Investigación exploratoria de un modo técnico con respecto a la inteligencia artificial, de lo cual en la actualidad se tiene poco conocimiento en el ámbito de la atención al cliente, en lo que respecta en la solución del reconocimiento facial y la detección de emociones; se analizará imágenes utilizando herramientas tecnológicas para poder determinar la emoción de cada uno de las personas atendidas, se tiene una línea exploratoria en el proceso de la búsqueda de tecnologías que mejor se acoplen al proyecto.

Para escoger los métodos de investigación mencionados anteriormente, se da como sustento las teorías mencionadas por autores expertos en el tema:

La investigación cualitativa podría entenderse como “una categoría de diseños de investigación que extraen descripciones a partir de observaciones que adoptan la forma de entrevistas, narraciones, notas de campo, grabaciones, transcripciones de audio y video”. La investigación cualitativa está sometida a la perspectiva naturalista y a la comprensión interpretativa de la experiencia humana (Herrera, 2017).

La investigación exploratoria es un tipo de investigación utilizada para estudiar un problema que no está claramente definido, por lo que se lleva a

cabo para comprenderlo mejor, pero sin proporcionar resultados concluyentes. Es importante mencionar que la investigación exploratoria se encarga de generar hipótesis que impulsen el desarrollo de un estudio más profundo del cual se extraigan resultados y una conclusión (Dans, 2018).

### **3.2 Metodología de desarrollo**

Para el desarrollo del prototipo de la presente investigación se aplica el método de avance por entregables, por lo que la retroalimentación será necesaria para pasar de un estado al otro, una vez cumplido el objetivo propuesto hasta el final del desarrollo del proyecto.

Para la realización del proyecto se ha optado por dividirlo en 4 partes, cada una de estas con sus respectivas actividades. Las fases planteadas para el desarrollo se detallan a continuación:

#### **3.2.1 Primera Fase: Recolección de información**

Realizar la obtención y análisis de información acerca de horarios de atención al cliente en la recepción de la carrera Ciencias de la Computación.

##### **Actividades:**

- Recolectar información de los horarios de atención al cliente.
- Desarrollar y aplicar entrevista a la secretaria de la carrera.
- Depurar los datos e identificar horarios críticos de atención.

#### **3.2.2 Segunda Fase: Reconocimiento de las emociones de los clientes y módulo de gestión**

Desarrollar la aplicación de reconocimiento de emociones, haciendo uso de las distintas herramientas y recursos tecnológicos.

##### **Actividades:**

- Utilizar una cámara Raspberry Pi para obtener las imágenes de los rostros.
- Implementar métodos y herramientas para el análisis facial.

- Verificar el correcto análisis facial por parte del módulo.

### **3.2.3 Tercera Fase: Calificador de atención**

Desarrollo de una aplicación de escritorio de calificación y monitoreo basado en gráficos estadísticos, que permite el control y el seguimiento de la atención al cliente.

#### **Actividades:**

- Usar la información obtenida de las herramientas tecnológicas.
- Implementar gráficos estadísticos para la gestión.
- Utilizar módulo calificador de atención al cliente.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema.

### **3.2.4 Cuarta Fase: Pruebas funcionales e integrales**

Realizar pruebas funcionales e integrales del sistema en general, para verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

- Identificar las principales pruebas funcionales e integrales.
- Desarrollar pruebas.
- Desarrollar reporte final de las pruebas.

## **3.3 Análisis de Resultados**

A continuación, se presenta los datos recolectados mediante el uso de la herramienta de la entrevista. La cantidad de personas a la que se le hizo la entrevista fueron 3 secretarias, a pesar de que el prototipo está enfocado como tipo de prueba solo a la secretaria de la carrera Ciencias de la Computación, se optó por aumentar el conjunto de la muestra para obtener información significativa. Las otras dos personas escogidas pertenecen a otras áreas, en la carrera de Ingeniería Civil, y en la carrera del CEIS Empresariales, todas ellas desempeñan la misma función, dar atención al cliente.

Se realiza el análisis de cada respuesta, para tener conocimiento de los procesos existentes para llevar a cabo la gestión de la atención al cliente, con que herramientas de apoyo cuentan y que mecanismos de control se utiliza para asegurar una buena atención al cliente.

**Pregunta1:**

**¿Cómo es el proceso de calificación a la atención dada al cliente?**

En esta pregunta las respuestas son las mismas, ya que el proceso actual con el que se dispone en las recepciones para calificar la atención al cliente es mediante el accionamiento de una botonera, limitado a 3 calificaciones: malo, regular y bueno. Hay veces que se le tiene que decir a la persona que está siendo atendida, que de su calificación, las secretarias indican que esto pasa desapercibido muchas veces, no obteniendo una calificación total por personas atendidas en el día.

**Pregunta 2:**

**¿Con que frecuencia las personas califican la atención brindada?**

Últimamente, no se está calificando la atención brindada por parte de las personas que son atendidas, según mencionan las secretarias, las botoneras pasan desapercibidas. Además, las secretarias indican que la última vez que se usó el sistema por botonera fue hace un mes aproximadamente.

**Pregunta 3:**

**¿Dispone de algún método que le facilita de que todas las personas den una calificación luego de haber sido atendidas?**

El único método actual es hacerle acuerdo a la persona que está siendo atendida que debe calificar la atención, lo que, con el tiempo, esto se vuelve tedioso.

**Pregunta 4:**

**¿Cómo se lleva el control de las calificaciones dadas por las personas atendidas?**

Actualmente las secretarias no pueden ver en tiempo real como está siendo calificado su trabajo, el personal que tiene acceso a esta información es únicamente Recursos Humanos de la UCSG.

**Pregunta 5:**

**¿De parte de los directivos de la carrera, existe algún tipo de control para gestionar la atención al cliente?**

Actualmente solo cuentan con las evaluaciones que hacen en cada semestre los alumnos de la carrera por medio del sistema.

**Pregunta 6:**

**¿Le gustaría que el proceso de calificación de la atención al cliente sea automático, es decir, no depender de ningún accionamiento por parte de la persona atendida (botonera)?**

La respuesta por parte de las secretarias fue positiva, añadiendo además que sería un método mucho más factible e incluso innovador, debido a que ya no se tendría que estar pendiente de que la persona califique la atención, ya que automáticamente se estaría registrando la calificación según la expresión emocional de la cara de la persona atendida.

**Pregunta 7:**

**¿Estaría dispuesta/o a usar una representación gráfica para indicar el nivel de satisfacción que tiene el cliente al inicio y al final de la atención, a través de la detección de emociones?**

La respuesta fue inmediatamente un sí, además las secretarias indican que es precisamente necesario ya que aparte de tener un mayor control de cómo se está atendiendo a las personas, obliga a dar una mejor atención, y hacer lo posible para que la persona que está siendo atendida se retire con una sonrisa de satisfacción en el rostro.

### **3.4 Conclusión**

Como resultado del análisis de cada una de las respuestas anteriormente mencionadas, se llega a la conclusión, de la necesidad de otro método para la gestión de la atención al cliente en la carrera, convirtiendo a

la solución tecnológica óptima para implementar, pretendiendo mejorar de esta manera, el proceso con el que se cuenta actualmente, proporcionando información significativa para luego la toma de decisiones, y un mejor control. Teniendo al mismo tiempo la posibilidad de alguna mejora, esto gracias a la escalabilidad del proyecto.

## **CAPÍTULO IV PROPUESTA TECNOLÓGICA**

El presente capítulo presenta la propuesta tecnológica que se proyecta como solución al problema identificado. En esta sección se encuentran los objetivos pertenecientes al módulo del diseño planteado, junto con su alcance.

### **4.1 Introducción**

Las aplicaciones con robótica en general animada por computadora, como lo es la Inteligencia Artificial, hoy en día brindan una nueva dimensión en la interacción computador - humano, lo que lo hace de suma importancia ya que las computadoras pueden definitivamente afectar la vida social en las actividades cotidianas. En este contexto, el presente trabajo trata del diseño y desarrollo de un prototipo tecnológico para una solución de atención al cliente, basada en la codificación facial, permitiendo medir las emociones humanas a través de expresiones faciales.

### **4.2 Objetivo**

Contribuir al mejoramiento de la atención al cliente en la recepción de la Facultad de Ingeniería, Carrera de Computación de la UCSG, mediante el uso de tecnologías innovadoras y conceptos actuales en ciencias de la computación, que permiten el posible desarrollo de la solución, facilitando así un mejor control sobre estas actividades que son importantes para poder generar valor a la facultad.

### **4.3 Responsables**

La implementación de la solución tecnológica debe ser autorizada por la Dirección de la carrera de Computación; la instalación de este sistema en los equipos es responsabilidad del encargado del Centro de Investigación Desarrollo Tecnológico (CIDT); finalmente el uso está a cargo de la persona en recepción.

### **4.4 Descripción de la solución.**

El sistema de calificación a la atención al cliente basado en el reconocimiento facial, está desarrollado con la implementación de algunas



tecnologías y por módulos, lo que lo convierte en una solución escalable. Los elementos que se vayan a usar en la elaboración del prototipo serán detallados en el presente capítulo.

#### 4.4.1 Diseño lógico

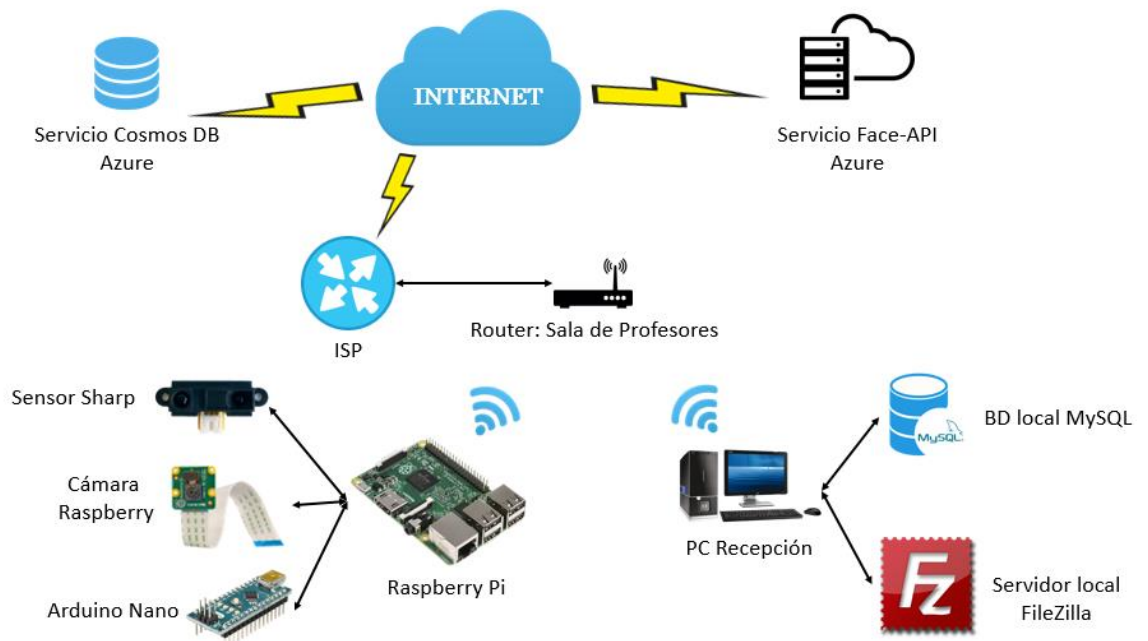


Figura 6 Diagrama lógico del proyecto. Adaptado por el autor.

Para el entendimiento del funcionamiento de la solución tecnológica se ha elaborado un diagrama que se muestra en la figura 6, donde se visualiza de forma general la interacción de las diferentes tecnologías que conforman el prototipo. Como la llamada de dos API's de Azure Web Service, pieza clave para el desarrollo.

#### 4.4.2 Modelo de Base de Datos

Dentro del esquema de base de datos, se utilizan dos formas de almacenamiento, una local y otra en la nube. El almacenamiento local está basado en la base de datos MySQL, cuyo modelo entidad relación se detalla en la figura 7.

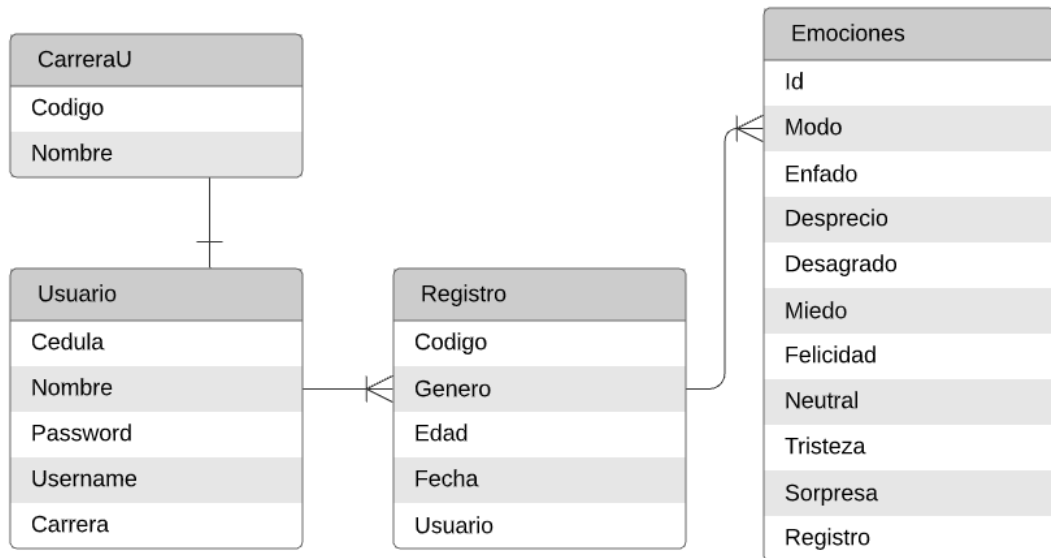


Figura 7 Modelo ER del sistema. Nota: Elaborado por el autor.

#### 4.4.2.1 Diccionario de Datos

El sistema de reconocimiento de emociones maneja diferentes tipos de datos, en la Tabla 2 se detalla información de los tipos de dato de todos los campos con respecto a la Base de Datos local, que para el presente desarrollo se la ha denominado “Atencion\_UCSG”.

Tabla 2 Diccionario de datos. Nota: Elaborado por el autor

Nombre Tabla	Nombre Campo	Tipo de Dato
CarreraU	Código	int(3) primary key
CarreraU	Nombre	varchar (50) not null
Usuario	Cedula	varchar (10) primary key
Usuario	Nombre	varchar (100) not null
Usuario	Password	varchar (100) not null
Usuario	Username	varchar (100) not null
Usuario	Carrera	int(3) references carrerau (codigo)
Registro	Código	varchar (10) not null primary key

Registro	Genero	varchar (20) not null
Registro	Edad	int(3)
Registro	Fecha	date
Registro	Username	varchar(100) references usuario (username)
Emociones	Id	varchar (10) not null primary key
Emociones	Modo	varchar (10) not null
Emociones	Enfado, Desprecio, Desagrado, Miedo, Felicidad, Neutral, Tristeza, Sorpresa.	varchar (3) not null
Emociones	Registro	varchar(10) references registro (id) varchar(10) references registro (id)

Para el almacenamiento en la nube, como se menciona anteriormente, está basado en la tecnología de Microsoft. Las características de las emociones de una imagen extraídas por el servicio Face API, se almacenan en la nube, haciendo que el sistema sea escalable y permita una adaptación rápida y confiable a una creciente base de usuarios, que puede ser consumida por app móvil o escritorio. El servicio Azure Cosmos DB se usa como DBaaS, permitiendo escalar de manera elástica e independiente el rendimiento y el almacenamiento en cualquier número de regiones geográficas de Azure.

Azure Cosmos DB admite de forma nativa múltiples modelos de datos, incluidos modelos de datos de familia de documentos, gráficos, valores clave, tablas y columnas. En el sistema propuesto, se usa el tipo de modelo JSON, por su simplicidad y fácil comprensión. La forma en la que está elaborado el modelo JSON, se detalla en la figura 8.

```

1  {
2  "id": "emot1",
3  "Genero": "male",
4  "Edad": 26,
5  "Fecha": "2019-12-30T22:51:51",
6  "Usuario": "jenny",
7  "EmotionIN": {
8      "Anger": 0,
9      "Contempt": 0,
10     "Disgust": 0,
11     "Fear": 0,
12     "Happiness": 0,
13     "Neutral": 1,
14     "Sadness": 0,
15     "Surprise": 0
16 },
17 "EmotionOUT": {
18     "Anger": 0,
19     "Contempt": 0,
20     "Disgust": 0,
21     "Fear": 0,
22     "Happiness": 1,
23     "Neutral": 0,
24     "Sadness": 0,
25     "Surprise": 0
26 },

```

Figura 8 Formato del sistema JSON. Nota: Adaptado por el autor

#### 4.5 Desarrollo del prototipo

El proyecto consta de una aplicación de escritorio que estará instalada físicamente en la computadora de la secretaria, en esta computadora se ejecuta el sistema operativo Windows 10. Todo el código del aplicativo está escrito con el lenguaje de programación C#, debido a que fue utilizado el entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio, ofreciendo de esta manera una compatibilidad al 100%.

En lo que corresponde al funcionamiento de la aplicación de escritorio, se debe tener un usuario y clave de acceso al sistema como una medida de seguridad, luego del ingreso, automáticamente se realiza la carga de los datos, (dicho proceso será explicado más adelante), para luego mostrarlos estadísticamente mediante la interfaz.

Para el ingreso al sistema, existen dos tipos de usuario, el de tipo administrador y el de tipo secretaria, en la figura 9 se detalla la pantalla inicio del usuario administrador. En la sección del menú está conformada por 4 ítems: Inicio, estadísticas, usuarios, y sector.

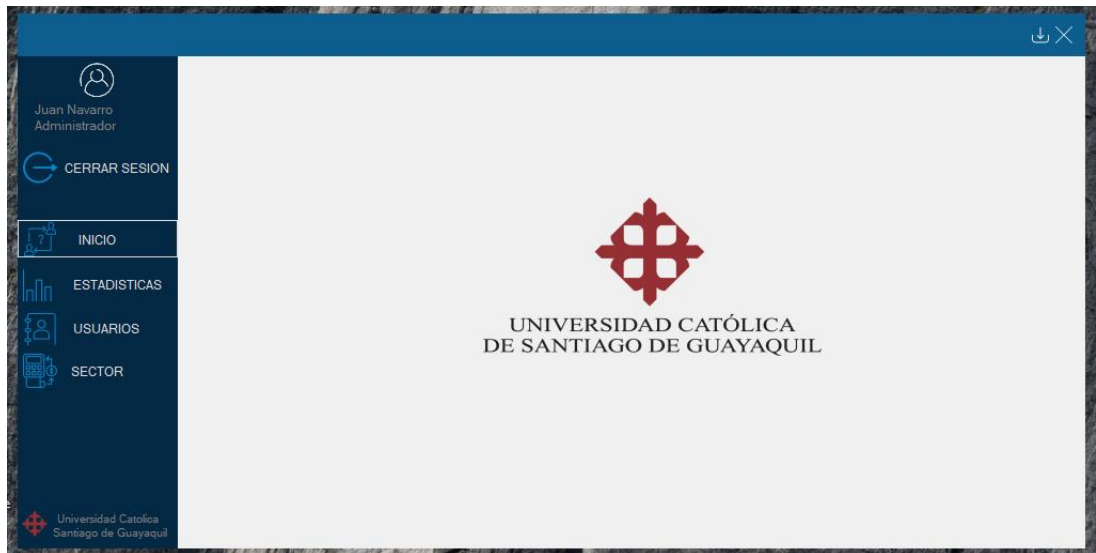


Figura 9 Página inicio del sistema. Nota: Adaptado por el autor.

- Inicio: Se muestra las imágenes de las caras detectadas al inicio y al final de la atención con la emoción asignada.
- Estadísticas: Se puede realizar búsquedas por filtro y ver detalles estadísticos.
- Usuario: El administrador puede crear, eliminar, actualizar a secretarias dentro del sistema.
- Sector: El administrador puede crear, eliminar, actualizar a sectores dentro del sistemas, sector se refiere a recepciones entre las distintas carreras de la Universidad.

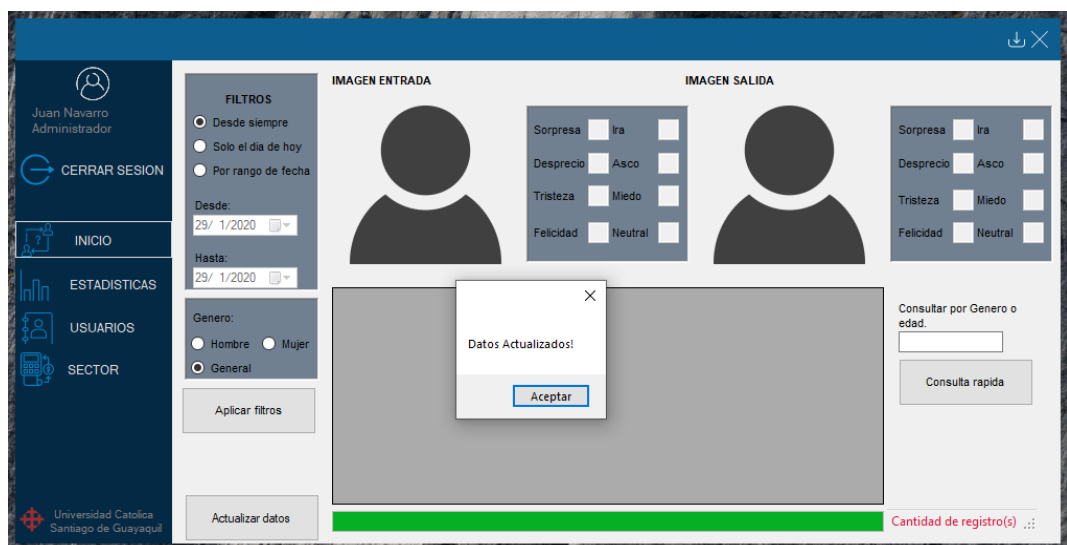


Figura 10 Página de inicio, carga de datos. Nota: Adaptado por el autor.

En la sección inicio, como se detalla en la figura 10, primero se descargan los datos registrados en la nube, para almacenarlos en la base de datos local MySQL, una vez que el proceso se haya completado, aparece un mensaje de datos actualizados, luego se muestran en una tabla todos los registros que se han obtenido hasta el último momento de la descarga de los datos, como se muestra en la figura 11.

The screenshot shows a web application interface with a dark blue sidebar on the left containing navigation options: 'Juan Navarro Administrador', 'CERRAR SESION', 'INICIO', 'ESTADÍSTICAS', 'USUARIOS', and 'SECTOR'. The main content area is divided into several sections:

- FILTROS:** Includes radio buttons for 'Desde siempre', 'Solo el día de hoy', and 'Por rango de fecha'. It also has date pickers for 'Desde:' (29/ 1/2020) and 'Hasta:' (29/ 1/2020), and radio buttons for 'Genero:' (Hombre, Mujer, General).
- IMAGEN ENTRADA:** Shows a photo of a man with a neutral expression.
- IMAGEN SALIDA:** Shows the same man with a smiling expression.
- Emotion Counters:** Two sets of sliders for 'Sorpresa', 'Ira', 'Desprecio', 'Asco', 'Tristeza', 'Miedo', and 'Felicidad'. The 'Felicidad' counter for the 'IMAGEN SALIDA' is set to 1.
- Table:** A table with columns: ID, Genero, Edad, Fecha, Hora, and Usuario. The first row is highlighted in blue.
- Footer:** 'Universidad Católica Santiago de Guayaquil' and 'Actualizar datos' button.

ID	Genero	Edad	Fecha	Hora	Usuario
emot1	male	26	30/12/2019	22:51:51	jenny
emot10	male	30	10/1/2020	11:49:57	alexandra
emot11	male	24	21/1/2020	15:44:29	jenny
emot12	male	24	21/1/2020	15:46:04	jenny
emot13	male	48	21/1/2020	20:37:24	jenny
emot14	male	48	21/1/2020	20:39:01	jenny
emot2	male	26	30/12/2019	22:52:55	jenny
emot3	male	24	30/12/2019	22:59:05	jenny

At the bottom right, it says 'Cantidad de registro(s) 14'.

Figura 11 Página de inicio, detalle de registros. Nota: Adaptado por el autor.

En la tabla de registro, estos se caracterizan por id, genero detectado, edad detectada, fecha y hora del registro y el usuario, es decir, la secretaria encargada. El administrador tiene la opción de realizar búsquedas por filtro. En la figura 11, en la parte de "Filtros", tenemos tres opciones para realizar búsquedas: desde siempre, solo en el día actual y por un rango de fecha, así mismo se puede realizar búsquedas por género. Es importante saber que cada uno de los registros mostrados con sus respectivas imágenes, pertenecen a las personas que han sido atendidas en la recepción. Estas imágenes son almacenadas en el servidor de archivo, FileZilla.

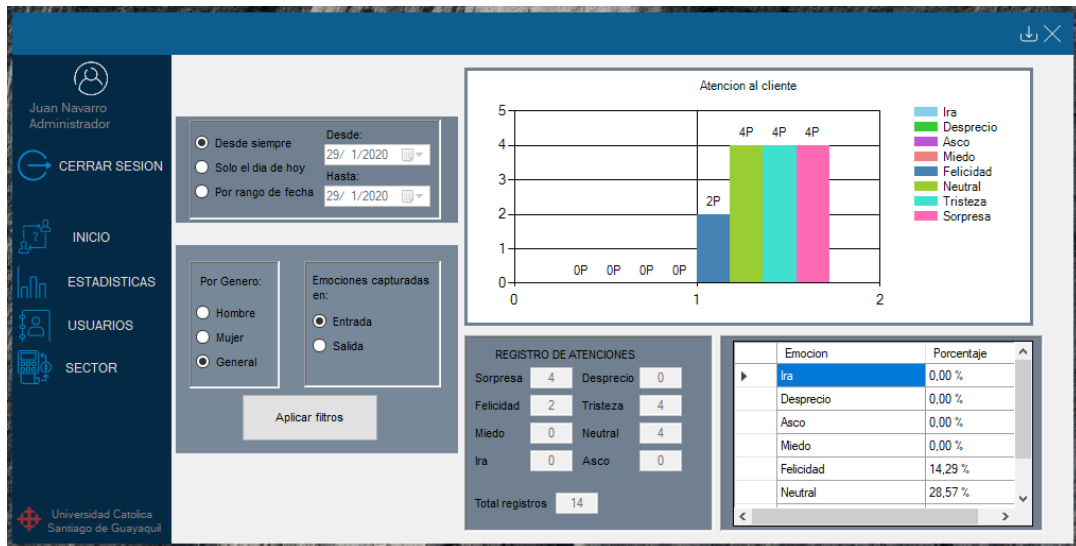


Figura 12 Página de estadísticas. Nota: Adaptado por el autor.

En la sección de estadísticas, como se muestra en la figura 12, la forma en que se muestran los datos, está basada en las 8 emociones especificadas en el capítulo 2, las cuales son: enfado, desprecio, desagrado, miedo, felicidad, neutralidad, tristeza y sorpresa. Por medio de un gráfico estadístico se detalla el porcentaje de las emociones mencionadas, que han sido detectadas, al inicio y al final de la atención. Pudiendo hacer búsquedas con filtros como, por ejemplo: solo mostrar las emociones detectadas al inicio, etc., y así poder saber cuántas personas han llegado o se han ido, expresando una determinada emoción.

Formulario de búsqueda de usuarios:

CEDULA: 0745748352    NOMBRE: Jenny Briones  
 USUARIO: jenny    CARRERA: Derecho  
 CONTRASEÑA: ucsgjenny

Botones: INSERTAR, ACTUALIZAR, ELIMINAR, CONSULTAR, LIMPIAR

	Cedula	Nombre	Password	Username	Carera
▶	0745748352	Jenny Briones	ucsgjenny	jenny	5
	0964758691	Alexandra Munillo	alexucsg	alexandra	4

Number of row(s): 2

Figura 13 Página de usuarios. Nota: Adaptado por el autor.

En la sección de usuarios, el administrador podrá crear, actualizar o eliminar una secretaria dentro del sistema. Como se muestra en la figura 13, en la tabla se detallan las secretarias existentes, a qué carrera esta asignada para dar atención al cliente, el nombre y su cedula.

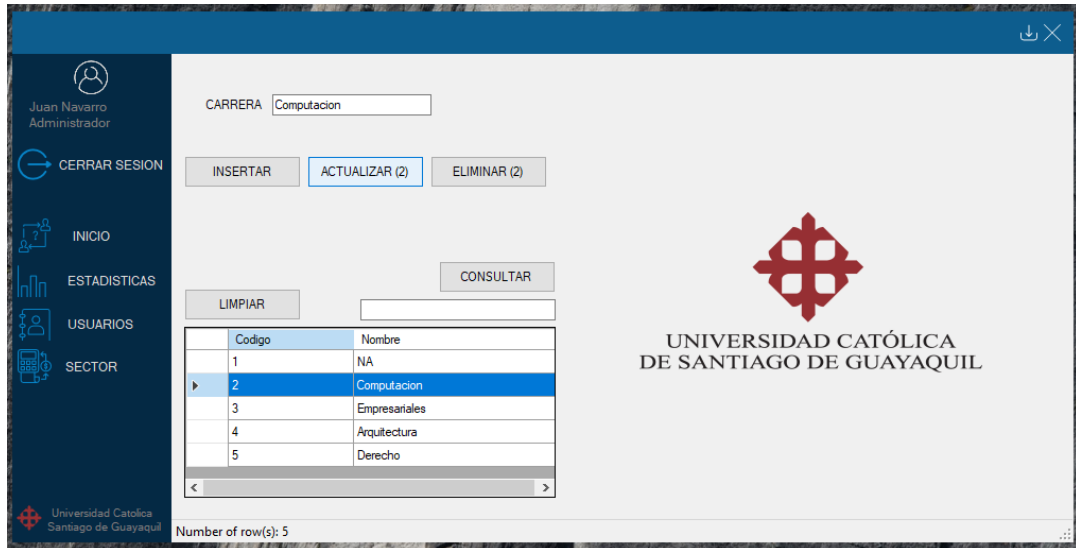


Figura 14 Página de carreras. Nota: Adaptado por el autor.

En la figura 14, se muestra la página donde el administrador puede crear, eliminar o actualizar una carrera, la cual luego podrá ser asignada a una secretaria en la sección usuarios, como se explicó anteriormente.

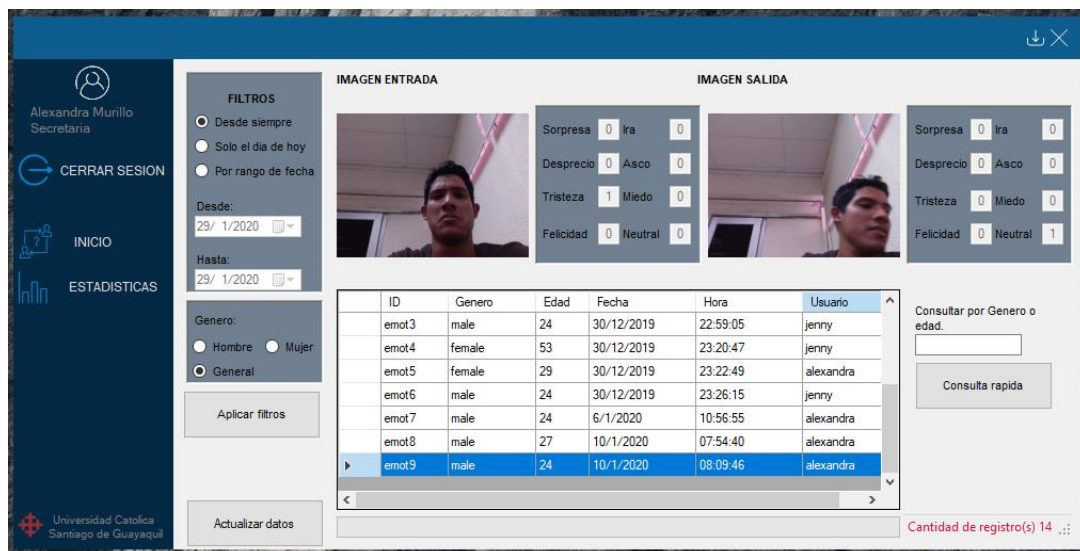


Figura 15 Página de inicio, secretaria. Nota: Adaptado por el autor.

Para el ingreso al sistema con el tipo de usuario secretaria, como se muestra en la figura 15, solo aparecen dos ítems en el menú. El tipo de



usuario secretaria solo tiene acceso a la visualización de la información, no podrá alterar ningún tipo de dato.

#### 4.5.1 Almacenamiento de la imagen

El almacenamiento de las imágenes se basa en el servidor FTP FileZilla, el cual hace que un sistema Windows tenga capacidades para la distribución de archivos por medio del protocolo FTP (File Transfer Protocol). Este servidor es de código abierto e implementa el protocolo HTTP/1.1.

#### 4.5.2 Carga de datos

Para obtener los datos que se utilizan para el muestreo de información en la aplicación, primero se descargan de la base de datos de la nube mencionada anteriormente, para ser luego registrados en una Base de Datos MySQL instalada de manera local, obteniendo la información con un tiempo de respuesta óptimo por cada consulta que se haga.

Es importante saber que el análisis y el procesado de la información son realizados en la app de escritorio, con los datos de la base local MySQL. Sin embargo, para la descarga de los datos desde el servicio Azure Cosmos DB, es necesario instalar paquetes NuGet, exclusivos del servicio, como se indica en la figura 16.

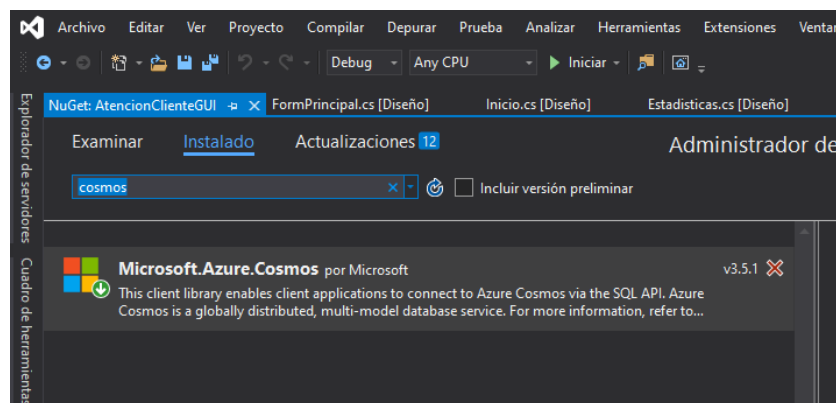


Figura 16 Referencias para la llamada al servicio. Nota: Adaptado por el autor.

De esta manera se llama a controladores para solicitar los datos almacenados en la nube, propios de las características de los rostros, mediante métodos Async y Await, como se indica en la figura 17. Los métodos Async son implementados para procesos que generen bloqueos, es decir, si una actividad queda bloqueada, la aplicación no será afectada, en

este caso, la llamada al servicio en la nube. Mientras que el método `Await` depende de `Async`, ya que notifica al compilador que el método `Async` no puede continuar sin pasar por `Await`.

```
private string databaseId = "CustomerService";
private string containerId = "Registros";

1 referencia
public async Task GetStartedProcessAsync(string sentencia, IProgress<ProgressReportModel> progress)
{
    ProgressReportModel report = new ProgressReportModel();
    this.cosmosClient = new CosmosClient(EndpointUri, PrimaryKey);
    await this.CreateDatabaseAsync();
    report.PercentgeComplete = 50;
    progress.Report(report);
    await this.CreateContainerAsync();
    report.PercentgeComplete = 75;
    progress.Report(report);
    await this.QueryInfo(sentencia);
    report.PercentgeComplete = 100;
    progress.Report(report);
}

1 referencia
private async Task CreateDatabaseAsync() { this.database = await this.cosmosClient.CreateDatabaseIfNot

1 referencia
private async Task CreateContainerAsync() { this.container = await this.database.CreateContainerIfNot

1 referencia
private async Task QueryInfo(string sqlQueryText)...
```

Figura 17 Descarga de los datos desde la nube. Nota: Adaptado por el autor.

### 4.5.3 Detección de las emociones

El proceso del reconocimiento de las emociones en el rostro de la persona atendida se basa en el servicio Face-API Azure, que como se explica en el capítulo 2, es el que proporciona los datos de las emociones detectadas.

Esta API cuenta con dos funciones principales, para el reconocimiento facial y para la detección de rostros con características adicionales. La presente investigación hace referencia a la función detección de rostros proporcionado por la API Face-Detect. Dentro de las características adicionales se encuentran los siguientes atributos: la edad, posición de la cabeza, emoción, vello facial, sexo, uso de gafas, accesorios, maquillaje, oclusión.

El prototipo hace uso solo de 3 atributos, que son la edad, el sexo, y la emoción. De esta manera no se carga la solicitud de respuesta hacia el servicio en la nube, llegando a obtener las características relevantes para la solución en un tiempo aproximado entre 1 a 5 segundos.

Microsoft recomienda ciertos aspectos para asegurar que las imágenes que sean enviadas al servicio para su análisis proporcionen resultados de detección precisos:

- El tamaño del archivo de imagen no debe ser superior a 4 MB.
- El tamaño de la imagen debe estar entre 36 x 36 a 4096 x 4096 píxeles. Las caras que se encuentren fuera de este intervalo no serán detectadas.
- Los formatos de imagen aceptados son JPEG, PNG, GIF para el primer fotograma y BMP.
- Es posible que no se puedan detectar caras debido a problemas externos. Ángulos de cara extremos (posición de la cabeza) o una oclusión de la cara (objetos que bloquean parte de la cara) pueden afectar la detección. Las caras de frente y casi de frente proporcionan los mejores resultados.

En la figura 1, se muestran el sistema estándar de las unidades de acción de los puntos de referencia de la cara (FACS), que junto a los puntos de referencia con los que trabaja el servicio Azure Face Api detallados en la figura 2, se realiza la clasificación de las emociones detectadas.

Tabla 3 Acciones faciales relacionadas a la emoción. Nota: Adaptado de Paula Ekman ( 2009)

<b>Emoción</b>	<b>Unidades de Acción</b>
Felicidad	6 + 12
Tristeza	1 + 4 + 15
Sorpresa	1 + 2 + 5B + 26
Miedo	1 + 2 + 4 + 5 + 7 + 20 + 26
Coraje	4 + 5 + 7 + 23
Disgusto	9 + 15 + 16
Desprecio	12A + 14A

En la tabla 3, se muestra las combinaciones de AU, que representan cada una de las emociones básicas en general. La emoción neutral equivale a 0. Para indicar la combinación de AUs se coloca el signo (+). La intensidad presente de dicho código en el rostro se representa dentro del rango 'A' – 'E', donde 'A' es leve y 'B' es extrema. Estos códigos son distinguibles en el área del rostro y varían de acuerdo al motor de análisis de expresión facial. Azure Face Api trabaja con 27 códigos de acción.

Como un aspecto importante a considerar, según la documentación facilitada por Microsoft para el uso de esta tecnología, se menciona que los atributos de la cara, se predicen mediante algoritmos estadísticos, pero existe la posibilidad que no sean siempre precisos, por lo que hay que tener esto en cuenta al momento de tomar una determinada decisión (Microsoft, 2020).

Según la documentación de Microsoft Azure, la tasa de detección promedio total es el 80%. Sin embargo, con la vista frontal de la persona (si la persona no tiene la cabeza girada en un ángulo superior a 15 °), se logra valores de alrededor del 100%. Mirando hacia la izquierda o hacia la derecha, cuando la cabeza de la persona supera el 15%, la detección de rostros falla, así como la clasificación del estado emocional (Microsoft, 2020).

Para obtener las claves de suscripción para los dos servicios a utilizar, Cosmos DB y Face-API, es necesario crear una cuenta en Azure, luego se crea un recurso, o proyecto, finalmente se escoge el servicio a utilizar asociado al proyecto creado, como se indica en la figura 18. Luego se llenan formularios indicando características al proyecto.

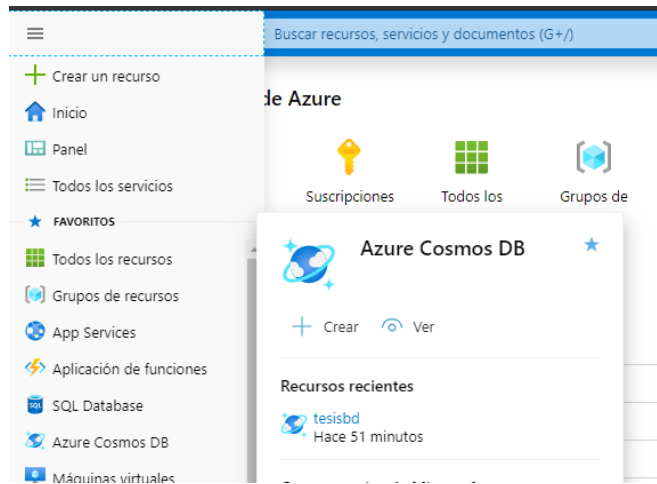


Figura 18 Selección del servicio a utilizar. Nota: Adoptado por el autor.

## 4.6 Electrónica del prototipo

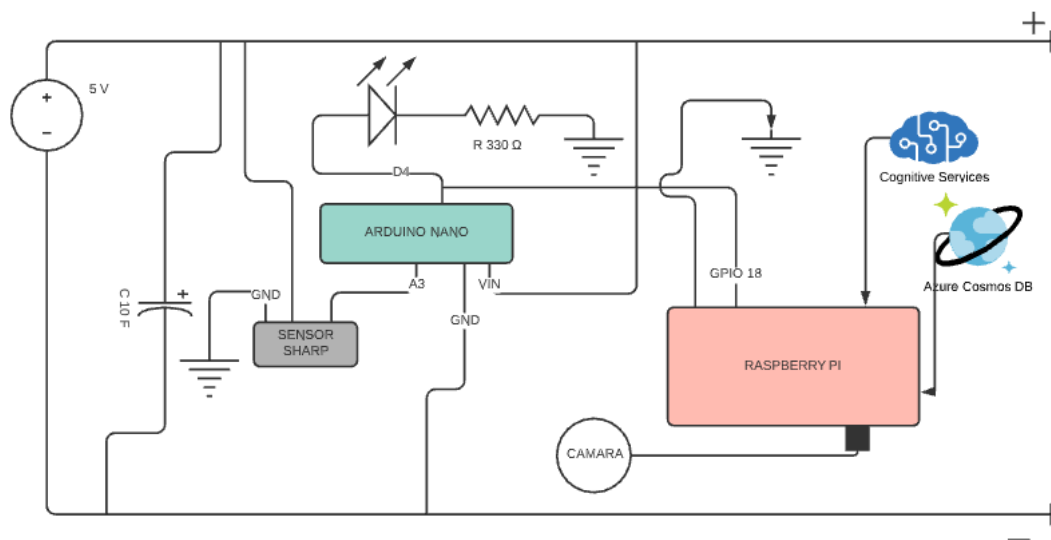


Figura 19 Diagrama Eléctrico. Nota: Adoptado por el autor.

En la figura 19 se muestra la conexión de la parte electrónica del prototipo, para un mejor entendimiento. Sin embargo, en la figura 6, se encuentra detallado de manera general, con sus respectivos gráficos para cada elemento del hardware de la solución.

### 4.6.1 Sensor Sharp

Para empezar el proceso del reconocimiento de la emoción, un sensor Sharp infrarrojo estará detectando en cada momento la presencia de una persona frente a la recepción, dicho sensor, está conectado a una placa arduino nano, esto sirve para medir la distancia que hay entre un objeto y el

sensor, es aquí donde se determina a que distancia se empieza el proceso del reconocimiento de las emociones.

#### **4.6.2 Placa arduino nano**

Actúa como un conversor análogo digital, la orden es enviada a una placa Raspberry Pi, la cual es la encargada de empezar el análisis de las expresiones faciales. Debido a que la placa Raspberry Pi no cuenta con entradas análogas, se escogió esta opción como la mejor.

#### **4.6.3 Módulo cámara Raspberry**

Para el proceso de la captura de imagen, se utiliza el módulo cámara raspberry pi V2, una placa electrónica de alta definición (HD), para captura de imagen y video en HD. Utiliza el sensor de imagen IMX219PQ de marca Sony. Este sensor ofrece una contaminación de imagen reducida como ruido o borrones, además cuenta con funciones como el balance de blancos, la detección de luminancia. La resolución máxima soportada es de 3280 x 2464 con una frecuencia de imagen máxima de 30fps.

Las características de la cámara mencionadas, cumplen con los requisitos que Microsoft recomienda para que el análisis de la imagen sea óptimo. Por tal motivo se ha escogido la opción de este módulo como el más favorable.

#### **4.6.4 Raspberry PI**

El proceso para determinar que imágenes serán enviadas al servicio en la nube para su análisis previo al almacenamiento de las características de la imagen en la base de datos Cosmos, esta implementado en la placa Raspberry PI.

El sistema, al momento de ser detectada la persona por el sensor, ejecuta el script que captura y almacena las imágenes cada 2 segundos, mediante el módulo de la cámara Raspberry. El tiempo que se ha establecido está basado en el estudio mencionado en el capítulo 2, ítem 2.1 Las emociones, donde hace referencia a los estudios de Paul Ekman.

Cuando los sensores dejan de detectar, el sistema deja de tomar fotos y se elige la primera y última foto tomada para su respectivo análisis, siempre y cuando estas imágenes cumplan con los requisitos recomendados por Microsoft para el uso del servicio Face-API, es decir, si la primera imagen sufre de algún defecto, como opacidad, pasa a la siguiente, así mismo con la imagen del final, pasaría a la anterior. Una vez terminado el análisis, las imágenes restantes son eliminadas del raspberry pi.

Una vez que se han establecido las dos imágenes, entrada, salida, son enviadas al servicio web Face-API Azure para su respectivo análisis. Los datos generados son almacenados en la base de datos en la nube, Cosmos DB como se menciona anteriormente, y las imágenes son enviadas al servidor FTP FileZilla.

Los scripts utilizados para la codificación de los procesos en la placa arduino nano fueron programados en el lenguaje de C++, y para la programación de los procesos en la Raspberry Pi se usa el lenguaje Python.

#### **4.7 Validación del Sistema**

Para obtener el porcentaje de éxito sobre el resultado que proporciona Azure Face API sobre cada una de las 8 emociones detectadas de una cara, se hace énfasis en el estudio realizado por Patrono, Podo & Rametta (2019), en el trabajo académico con respecto al desarrollo de una aplicación móvil de tour virtual con reconocimiento de emociones faciales, donde los resultados devueltos por el servicio Azure Face API se comparan para verificar su capacidad de detectar emociones en distintos casos, utilizando dos bases de datos diferentes, ambas con imágenes (p. 155).

Las bases de datos que se han utilizado para la evaluación son la llamada Db FI (base de datos de internet) y la base de datos CK +, ambas son un conjunto de datos conformadas con imágenes de caras diferentes.

Los resultados de la comparación de las dos bases de datos utilizadas se muestran en la figura 20.

La base de datos Db FI, está compuesta por imágenes faciales tomadas del internet. En la tabla 4 se muestra el porcentaje de precisión de

detección para cada tipo de emoción utilizada para probar el sistema. Las imágenes en esta base ya se encuentran etiquetadas, y muestran rostros de niños, mujeres y hombres con emociones específicas. El resultado obtenido de esta base de datos ha sido utilizado como comparación cualitativa con el resultado de CK +. Todas las imágenes son gratuitas y libre de royalties.

Las emociones más relevantes son la felicidad, la tristeza, la sorpresa, la ira y neutral, las restantes en cambio, son las emociones negativas más frecuentes. Las emociones positivas tienen un margen de error de alrededor del 5 al 15%. Este rango se considera aceptable para los requisitos necesarios.

El miedo, el desprecio y el desagrado tiene un margen de error de alrededor del 39%.

La base de datos CK + (Cohn-Kanade) de expresión facial codificada por AU (Action Units) se ha creado especialmente para la investigación en análisis de imágenes faciales automáticas y para estudios de percepción. Cohn-Kanade incluye expresiones planteadas y no planteadas (espontáneas) y tipos adicionales de metadatos.

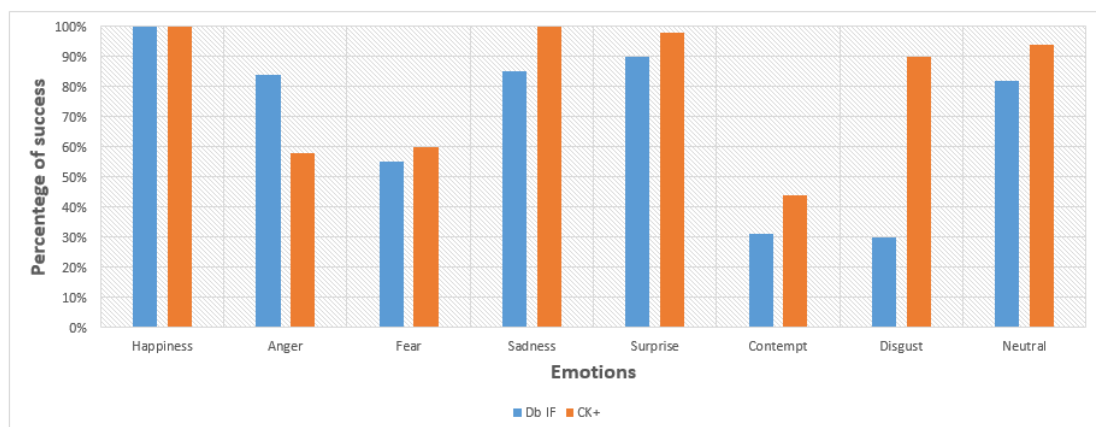


Figura 20 Comparación entre los resultados positivos del análisis de emociones devueltos por Azure para cada imagen en Db - IF y CK +. Adaptado de Patrono, Podo y Rametta (2019)

Con esta base de datos, la probabilidad de acierto de todas las emociones aumenta, la única que disminuye es la ira.

En conclusión, estas pruebas ya realizadas demuestran que el servicio de Face API es una plataforma confiable para integrarse en el sistema propuesto.



Tabla 4 Porcentaje de éxito, resultado de Azure en base a imágenes de CK + Y DBIF. Adaptado de Patrono, Podo y Rametta (2019)

	Happiness	Anger	Fear	Sadness	Surprise	Contempt	Disgust	Neutral
Db IF	100%	84%	55%	85%	90%	31%	30%	82%
CK +	100%	58%	60%	100%	98%	44%	90%	94%

#### 4.8 Costos de los componentes utilizados

Tabla 5 Costos de los componentes. Adaptado por el autor

Componente	Costo
Servicio Face-Delect	Gratis; 20 transacciones por minuto; 30000 transacciones gratis por mes.
Servicio Cosmos DB	1 X 0,0076/hora; El rendimiento aprovisionado es de 100 RU/s (unidades de solicitud). Gratis por un año.
Raspberry Pi 3 Modelo B	\$50.00
Arduino Nano	\$20.00
Jumpers	\$8.00 la docena
Sensor Sharp análogo 2Y0A21	\$10.00
Cámara Raspberry Pi v2.0	\$18.00
Otros	\$80.00
<b>Total</b>	<b>\$186.00</b>

## CONCLUSIONES

Luego de la investigación y revisión de conceptos, el desarrollo y las pruebas respectivas del proyecto, se concluye lo siguiente:

- La información basada en las opiniones de los expertos como en las opiniones de personas que trabajan en el área, confirma 8 expresiones faciales que pueden ser detectadas en el proceso de la atención al cliente, las cuales son: felicidad, ira, miedo, sorpresa, tristeza, desagrado, desprecio y neutral.
- En la actualidad existen calificadores de atención y de servicios, los kioscos electrónicos, es un ejemplo. Sin embargo, estos mecanismos no resultan óptimos para el recopilado de la información de todos los clientes que hayan sido atendidos. Por ejemplo, en el caso de los kioscos, el solo hecho de que se debe acercar al dispositivo posterior a la atención se convierte en una desventaja, además de que este podría estar siendo ocupado y los clientes no van a esperar para dar su calificación. En el caso de los calificadores, específicamente las botoneras de calificación, a pesar de ser un mecanismo mucho más sencillo las escalas de botones son fijas, no se pueden configurar. Con la propuesta tecnológica se permite mecanizar el proceso de calificación a la atención.
- Luego de las pruebas hechas con el prototipo se puede concluir que el monitoreo de las expresiones faciales se puede utilizar para enriquecer la recopilación de datos en la atención de una forma inconsciente hacia un producto o servicio.

## RECOMENDACIONES

Microsoft Azure ofrece licenciamiento gratuito como incentivo para que las herramientas que ofrece sean usadas y reconocidas. Para el desarrollo del proyecto fue necesario la creación de una suscripción. Hay que tener en cuenta el alcance de la aplicación, ya que si se sobrepasa el límite de transacciones que se pueden realizar sin cobrar algún monto, el sistema deja de funcionar. Es por esto que se recomienda el análisis previo al contrato de alguna licencia de este tipo de tecnologías en la nube.

Para la detección de las emociones, se captura una imagen cada dos segundos y se escoge la primera y última imagen, para determinar cómo entra y como sale la persona que ha sido atendida. Se podría mejorar este proceso analizando el rostro de la persona en cada momento hasta que termine la atención, así se tendría un análisis más preciso.

El desarrollo del prototipo fue elaborado con ciertas herramientas que para la solución resultan óptimas. Pero no por esto son las únicas que se pueden implementar para llegar a los mismos resultados. En la actualidad, existen diversas opciones que podrían llegar a agilizar aún más los procesos involucrados, como lo es la capacidad de procesamiento del CPU del sistema Raspberry Pi.

Es recomendable que para proyectos que trabajan con servicios en la nube, donde la conexión a internet toma un papel muy importante en el transcurso de la ejecución del sistema, tener opciones para seguir trabajando en modo “offline”, siempre será un plus en la disponibilidad. Creando algoritmos propios de análisis facial, implicando una línea investigativa en el tema de estudio de reconocimiento de imágenes, en la carrera Ciencias Computacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliverti, P. (2019). *Electrónica para makers* (1st ed.). MARCOMBO S.A.
- Alvarez, J. (2016, December 22). *Machine Learning y Support Vector Machines: Porque el tiempo es dinero*. Analítica web. <https://www.analiticaweb.es/machine-learning-y-support-vector-machines-porque-el-tiempo-es-dinero-2/>
- Asamblea Nacional. (2015). *Proyecto del Código Organico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación*. [https://drive.google.com/file/d/0B8ttul2Ow3rfRUftVmVqRlgzR3M/view?usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/0B8ttul2Ow3rfRUftVmVqRlgzR3M/view?usp=embed_facebook)
- Ballantyne, M., Boyer, R. S., & Hines, L. M. (1996). Woody Bledsoe—His Life and Legacy. *AI Magazine*, 17, 7–20. <https://doi.org/10.1609/aimag.v17i1.1207>
- Bartual González, R. (2017). *Detección facial y reconocimiento anímico mediante las expresiones faciales*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/85959>
- Besnassi, M., Neggaz, N., & Benyettou, A. (2019). Face detection based on evolutionary Haar filter. *Pattern Analysis and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s10044-019-00784-5>
- Bourhis, P., Reutter, J. L., Suárez, F., & Vrgoč, D. (2017). JSON: Data model, query languages and schema specification. *Proceedings of the 36th ACM SIGMOD-SIGACT-SIGAI Symposium on Principles of Database Systems*, 123–135.
- Bouzakraoui, M. S., Sadiq, A., & Enneya, N. (2016). Towards a framework for customer emotion detection. *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*, 1–6.

- Brownlee, J. (2016, April 24). Boosting and AdaBoost for Machine Learning. *Machine Learning Mastery*. <https://machinelearningmastery.com/boosting-and-adaboost-for-machine-learning/>
- Cereceda, S., Pizarro, I., Valdivia, V., Ceric, F., Hurtado, E., & Ibáñez, A. (2010). Reconocimiento de emociones: Estudio neurocognitivo. *Praxis: Revista de Psicología*, 18, 29.
- Dans, E. (2018, August 9). ¿Qué es la Investigación Exploratoria? *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-exploratoria/>
- Doerrfeld, B. (2019, September 26). *20 Emotion Recognition APIs That Will Leave You Impressed, and Concerned*. <https://nordicapis.com/20-emotion-recognition-apis-that-will-leave-you-impressed-and-concerned/>
- Du, S., Tao, Y., & Martinez, A. M. (2014). Compound facial expressions of emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(15), E1454–E1462. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322355111>
- DuBois, P. (2005). *MySQL* (1st ed.). ANAYA. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=317839>
- Ekman, P. (2009). *The Expression of the Emotions in Man and Animals, Anniversary Edition* (Edición: 4). OUP USA.
- Ekman, P., & Davidson, R. J. (1994, December). *The Nature of Emotion—Paperback—Paul Ekman; Richard J. Davidson—Oxford University Press*. <https://global.oup.com/ushe/product/the-nature-of-emotion-9780195089448?cc=ec&lang=en&>

- Espinosaa, R. D. C., & Cárdenas, R. G. (2017). Identificación y control digital con redes neuronales para un sistema hidráulico. *Vector*, 12, 32–39.
- Farley, P. (2019, July 2). *¿Qué es Face API? - Azure Cognitive Services*. <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/cognitive-services/face/overview>
- Farnsworth, B. (2019, August 18). *Facial Action Coding System (FACS)—A Visual Guidebook*. Imotions. <https://imotions.com/blog/facial-action-coding-system/>
- Gunda, S. (2019, October 23). *MicrosoftDocs/azure-docs*. GitHub. <https://github.com/MicrosoftDocs/azure-docs>
- Hajraoui, A., SABRI, M., & fakir, M. (2016). Face recognition: Synthesis of classification methods. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14.
- Hardy, T. (2001). IA (Inteligencia Artificial). *Polis: Revista Latinoamericana*, 2, 18.
- He, L., Hoyle, C., & Chen, W. (2011). Examination of customer satisfaction surveys in choice modelling to support engineering design. *Journal of Engineering Design*, 22(10), 669–687. <https://doi.org/10.1080/09544828.2010.505186>
- Hernandez Quintero, N. L., & Florez Fuente, A. S. (2014). *Computación en la nube—Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5109245>
- Herrera, J. (2017). *La investigación cualitativa*. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/1167>
- Lu, J., Yang, N., Ye, J., Le, T., & Mahmood, N. (2015). Differential Effects of Specific Negative Emotions on Individual Risk Preference Behaviors under Social Accidents: An Analysis from the Perspective of Affective Computing Theory. *Revista de Cercetare Si Interventie Sociala*, 50, 172–192.

- Martos, A. (2019, June 7). Expresión facial de la emoción. *Lo que no nos cuentan*.  
<https://blogs.20minutos.es/comunicacion-no-verbal-lo-que-no-nos-cuentan/tag/expresion-facial-de-la-emocion/>
- Medina, P. N., Starostenko, O., & Ruiz-Castillo, O. (2013). Desarrollo de un avatar animado con expresión de emociones básicas. *Desarrollo de Un Avatar Animado Con Expresión de Emociones Básicas*.
- Microsft. (2020). *What is the Face service?* 179.
- Naldi, M., & Mastroeni, L. (2016). Economic decision criteria for the migration to cloud storage. *European Journal of Information Systems*, 25(1), 16–28.
- Páez, P. (2017, November 27). *La inteligencia artificial y el futuro del Derecho*.  
<http://www.legaltoday.com/gestion-del-despacho/nuevas-tecnologias/articulos/la-inteligencia-artificial-y-el-futuro-del-derecho>
- Patel, M. I., Thakar, V. K., & Shah, S. K. (2016). Image Registration of Satellite Images with Varying Illumination Level Using HOG Descriptor Based SURF. *Procedia Computer Science*, 93, 382–388.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.224>
- Patrono, L., Podo, L., & Rametta, P. (2019). *An Innovative Face Emotion Recognition-based Platform by using a Mobile Device as a Virtual Tour*.
- Peña, M. (2013, July 2). Delitos informaticos en el comercio electronico. *Delitos Informaticos En El Comercio Electronico*.  
<http://delitosinfcomerelectronico.blogspot.com/2013/07/>

- Pérez, Y. B., Almeida, M. R., & Martínez, E. O. (2014). Memoria de rostros y reconocimiento emocional: Generalidades teóricas, bases neurales y patologías asociadas. *Actualidades en psicología*, 28(116), 27–40.
- Quezada, C. V. (2005). *Reconocimiento de rostros utilizando análisis de componentes principales: Limitaciones del algoritmo*. 266.
- Ramakrishnan, S. (2018). *Cryptographic and Information Security Approaches for Images and Videos*. CRC Press.
- Remon, M. T. (2017). *Desarrollo de aplicaciones con Visual C# 2015* (1st ed.). Marcombo.
- Science Learning Hub – Pokapū Akoranga Pūtaiao. (2007). *Muscle types*.  
<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1919-muscle-types>
- Seanglidet, Y., Lee, B. S., & Yeo, C. K. (2016). Mood prediction from facial video with music “therapy” on a smartphone. *2016 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/WTS.2016.7482034>
- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107298019>
- Sharma, D. P. (2018). *Programming in Python: Learn the Powerful Object-Oriented Programming*. BPB Publications.
- Sheel, D. (2019). Deep learning. *Revista ABB*, 1, 70–71.
- Sierra, F. J. C., & Tome, A. G. (2007). *Programación Orientada a Objetos con C++*. 4ª Edición (4th ed.). RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.



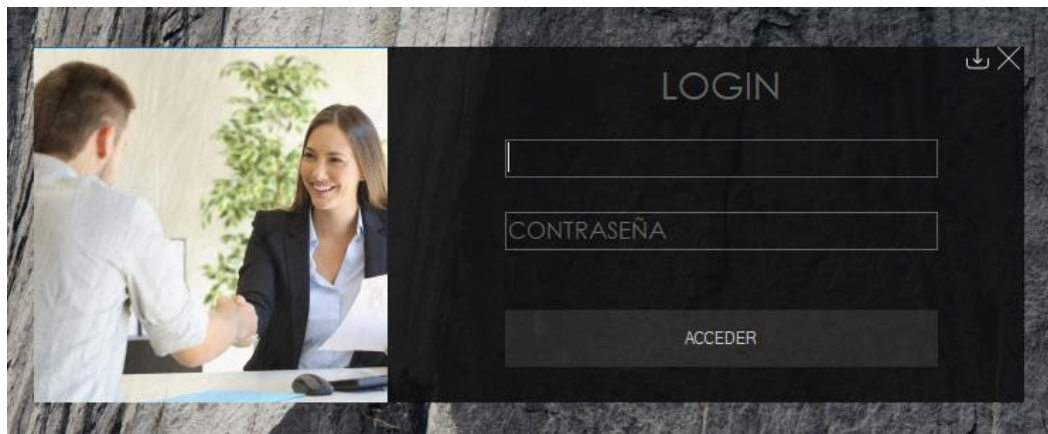
- Suárez, L. R. (2016). La influencia de las emociones en las expresiones faciales según Paul Ekman. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*.  
<http://www.eumed.net/rev/cccss/2016/02/emociones.html>
- UCSG. (2011). *Estatuto Universitario UCSG: Reforma 2011 y aplicación*.  
[https://www.google.com/search?q=1.+Estatuto+Universitario+UCSG%3A+Reforma+2011+y+aplicaci%C3%B3n&rlz=1C1MSIM\\_enEC798EC798&oq=1.+Estatuto+Universitario+UCSG%3A+Reforma+2011+y+aplicaci%C3%B3n&aqs=chrome..69i57.2600j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=1.+Estatuto+Universitario+UCSG%3A+Reforma+2011+y+aplicaci%C3%B3n&rlz=1C1MSIM_enEC798EC798&oq=1.+Estatuto+Universitario+UCSG%3A+Reforma+2011+y+aplicaci%C3%B3n&aqs=chrome..69i57.2600j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Vázquez-Moctezuma, S. E. (2015). Tecnologías de almacenamiento de información en el ambiente digital. *E-Ciencias de La Información*, 5(2), 1.  
<https://doi.org/10.15517/eci.v5i2.19762>
- Xu, Y., Yu, G., Wang, Y., Wu, X., & Ma, Y. (2016). A hybrid vehicle detection method based on viola-jones and HOG+ SVM from UAV images. *Sensors*, 16(8), 1325.
- Zerintia. (2017, March 20). ¿Qué nos ofrece la Inteligencia Artificial y los Servicios Cognitivos? *Zerintia Technologies*. <https://zerintia.com/blog/que-nos-ofrece-la-inteligencia-artificial-y-los-servicios-cognitivos/>

# APÉNDICE

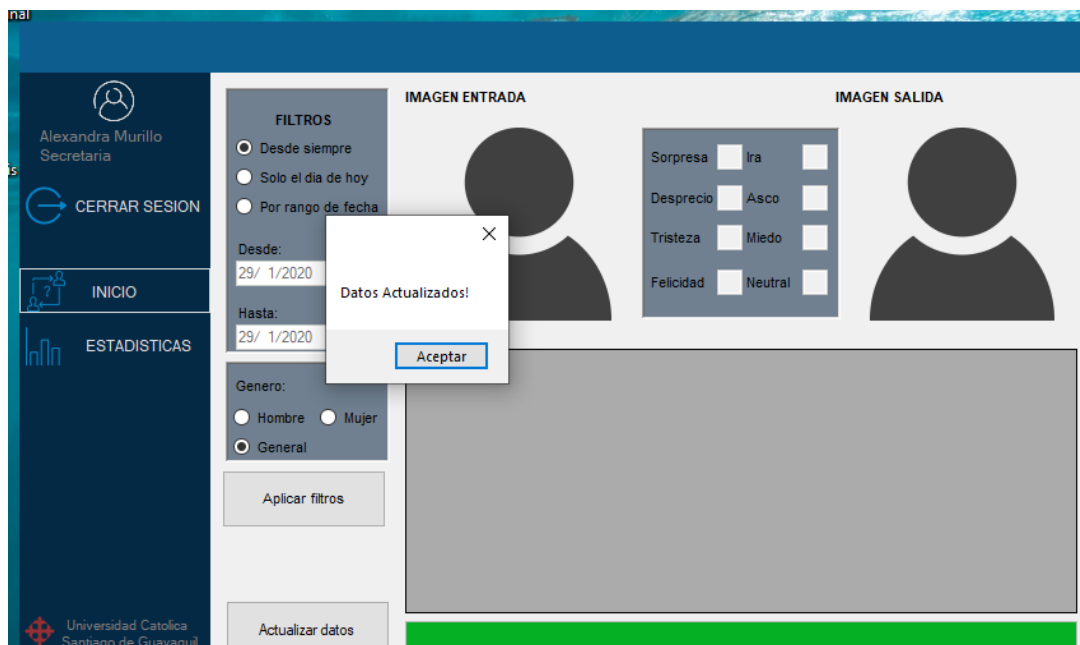
## Apéndice A. Manual de Usuario

- Ingreso al sistema.

Para ingresar al sistema, la secretaria deberá tipiar su usuario y su contraseña, estos datos son otorgados por el usuario tipo administrador.



Si los datos son erróneos, un mensaje con letras de color rojo, aparecerá en la parte superior del botón ACCEDER. Si los datos son correctos, se visualizará la página de inicio.



En la página inicio, hay que esperar entre 1 a 5 segundos hasta que se carguen los datos de la nube, una vez que el proceso haya terminado, en la tabla se verán reflejados todos los registros de atención al cliente

almacenados hasta el momento. En la parte izquierda, se pueden aplicar filtros para una búsqueda más específica.

The screenshot shows the application interface with the following components:

- Left Sidebar:** User profile (Alexandra Murillo, Secretaria), CERRAR SESION, INICIO, ESTADISTICAS, and Universidad Católica Santiago de Guayaquil logo.
- FILTROS:**
  - Radio buttons: Desde siempre (selected), Solo el día de hoy, Por rango de fecha.
  - Desde: 29/ 1/2020, Hasta: 29/ 1/2020.
  - Genero: Hombre, Mujer, General (selected).
  - Buttons: Aplicar filtros, Actualizar datos.
- IMAGEN ENTRADA / IMAGEN SALIDA:** Two video feeds showing a person's face. Between them are emotion detection sliders for: Sorpresa (0), Ira (0), Desprecio (0), Asco (0), Tristeza (1), Miedo (0), Felicidad (0), and Neutral (0).
- Table:**

ID	Genero	Edad	Fecha	Hora	Usuario
emot3	male	24	30/12/2019	22:59:05	jenny
emot4	female	53	30/12/2019	23:20:47	jenny
emot5	female	29	30/12/2019	23:22:49	alexandra
emot6	male	24	30/12/2019	23:26:15	jenny
emot7	male	24	6/1/2020	10:56:55	alexandra
emot8	male	27	10/1/2020	07:54:40	alexandra
emot9	male	24	10/1/2020	08:09:46	alexandra
- Right Panel:**
  - Buttons: Consultar por Genero o edad, Consulta rapida.
  - Text: Cantidad de registro(s) 14

En la página, estadísticas, en el gráfico, se muestran los índices donde los números al lado de una P, significan el número de personas detectadas por esa emoción, a la vez que su respectivo color, donde se especifica la referencia por cada emoción.

The screenshot shows the application interface with the following components:

- Left Sidebar:** Same as the previous screenshot.
- FILTROS:**
  - Radio buttons: Desde siempre (selected), Solo el día de hoy, Por rango de fecha.
  - Desde: 29/ 1/2020, Hasta: 29/ 1/2020.
  - Por Genero: Hombre, Mujer, General (selected).
  - Emociones capturadas en: Entrada (selected), Salida.
  - Buttons: Aplicar filtros.
- Atencion al cliente:** A bar chart showing the number of people detected for each emotion. The Y-axis ranges from 0 to 5. The X-axis shows 0P, 1, and 2. The bars are: 0P (blue), 0P (green), 0P (purple), 0P (red), 2P (blue), 4P (green), 4P (purple), 4P (red).
- REGISTRO DE ATENCIONES:**

Sorpresa	4	Desprecio	0
Felicidad	2	Tristeza	4
Miedo	0	Neutral	4
Ira	0	Asco	0
Total registros	14		
- Table:**

Emocion	Porcentaje
Ira	0,00 %
Desprecio	0,00 %
Asco	0,00 %
Miedo	0,00 %
Felicidad	14,29 %
Neutral	28,57 %

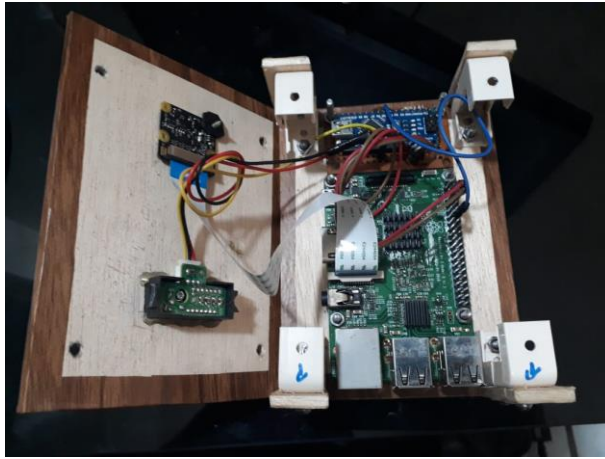
La persona que estará siendo atendida no sabrá en que momento está siendo analizada su emoción por el sistema, mientras que la secretaria, podrá guiarse por el prendido y apagado de un foco led en la parte posterior del prototipo. Mientras este prendido, el rostro de la persona está siendo analizada, caso contrario no estará detectando nada el sistema.

## Apéndice B. Prototipo.

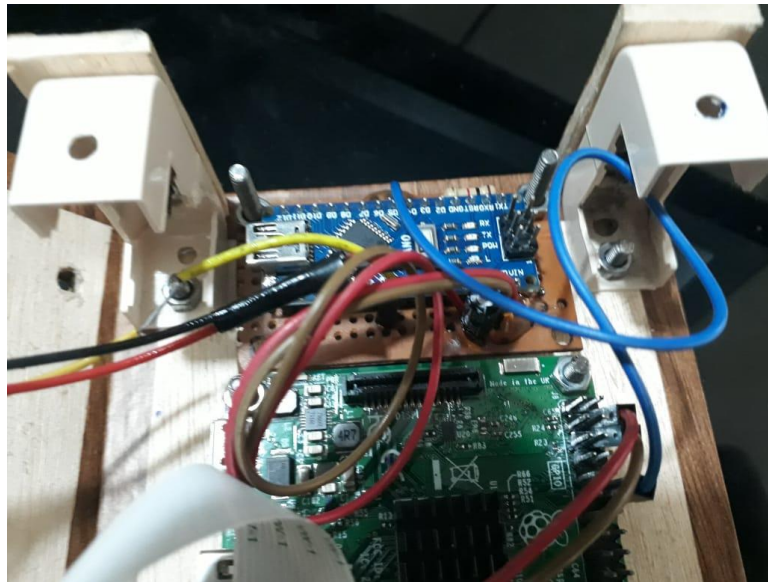


Al momento que la persona se acerque a la recepción, el sensor detectara la presencia de esta, y empezara el análisis.

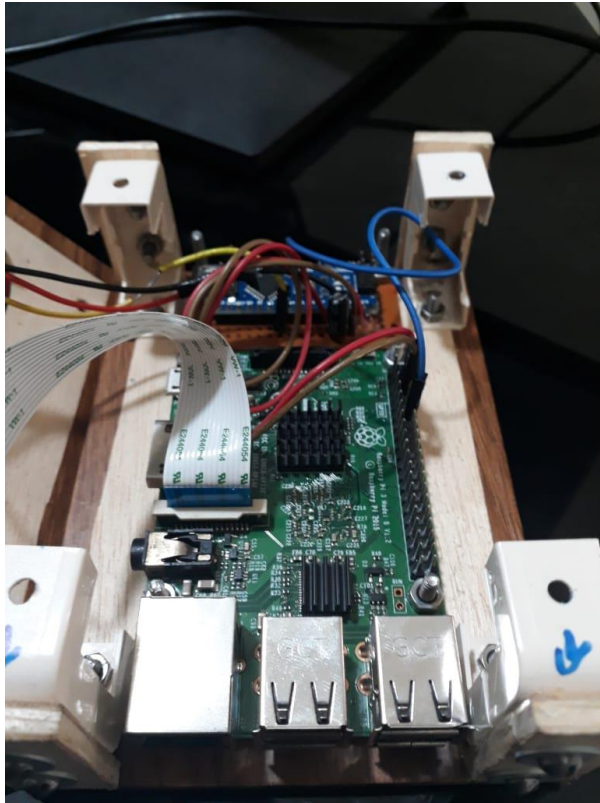




En la presentación se ve la conexión completa con todos los elementos que conforman la solución.



En esta presentación se ve la parte del conectado de la placa Arduino, para evitar la desconexión de los cables, por el movimiento, o por elementos externos, se optó a asegurarlos con silicona de circuito, logrando un mejor acabado.



En esta presentación se ve la conexión de la cámara con la placa rasperry pi. Para evitar que la placa se mueva o desconecte por el movimiento del prototipo se opto por asegurar la placa con tornillos, logrando un aspecto compacto.

### **Apéndice C. Entrevistas**

- Entrevista a secretaria de la recepción de la carrera Ciencias Computacionales.

**a) ¿Cómo es el proceso de calificación a la atención dada al cliente?**

Por medio de un sistema de botoneras.

**b) ¿Con que frecuencia las personas califican la atención brindada?**

No tan frecuente, ya que estas por lo general, andan con tiempo o se olvidan de calificar.

**c) ¿Dispone de algún método que le facilita de que todas las personas den una calificación luego de haber sido atendidas?**

La única forma para que las personas califiquen la atención es haciéndoles acuerdo.

**d) ¿Cómo se lleva el control de las calificaciones dadas por las personas atendidas?**

Actualmente el sistema no se encuentra operativo, pero el control lo llevan personal de RR. HH., de la UCSG.

**e) ¿De parte de los directivos de la carrera, existe algún tipo de control para gestionar la atención al cliente?**

El control existente es por medio de la calificación que hacen los alumnos en el sistema.

**f) ¿Le gustaría que el proceso de calificación de la atención al cliente sea automático, es decir, no depender de ningún accionamiento por parte de la persona atendida (botonera)?**

Si, sería mucho más factible.

**g) ¿Estaría dispuesta/o a usar una representación gráfica para indicar el nivel de satisfacción que tiene el cliente al inicio y al final de la atención, a través de la detección de emociones?**

Si, ya que, por ahora los resultados solo lo ven los de RR. HH.

- Entrevista a secretaria de la recepción de la carrera Ingeniería Civil.

**a) ¿Cómo es el proceso de calificación a la atención dada al cliente?**

Por medio de botonera de calificación.

**b) ¿Con que frecuencia las personas califican la atención brindada?**

La persona por lo general se olvida de calificar, hay que estar diciéndoles.

**c) ¿Dispone de algún método que le facilita de que todas las personas den una calificación luego de haber sido atendidas?**

No se cuenta con ningún método, a parte el sistema no se encuentra operativo.

**d) ¿Cómo se lleva el control de las calificaciones dadas por las personas atendidas?**

Personal de RR. HH., son los únicos encargados de visualizar esta información.

**e) ¿De parte de los directivos de la carrera, existe algún tipo de control para gestionar la atención al cliente?**

El único método por el que se puede tener control es por medio de las evaluaciones que hacen los estudiantes por el sistema.

**f) ¿Le gustaría que el proceso de calificación de la atención al cliente sea automático, es decir, no depender de ningún accionamiento por parte de la persona atendida (botonera)?**

Si, no existiría el problema de que las personas no califican.

**g) ¿Estaría dispuesta/o a usar una representación gráfica para indicar el nivel de satisfacción que tiene el cliente al inicio y al final de la atención, a través de la detección de emociones?**

Si, así existiría un control más detallado.

- Entrevista a secretaria de la recepción de la carrera empresariales.

**a) ¿Cómo es el proceso de calificación a la atención dada al cliente?**

En la actualidad no se lleva ningún control en este proceso.

**b) ¿Con que frecuencia las personas califican la atención brindada?**

Es muy irregular, ya que, por lo general, pasa por desapercibido.



**c) ¿Dispone de algún método que le facilita de que todas las personas den una calificación luego de haber sido atendidas?**

Solo se les hace acuerdo de calificar la atención.

**d) ¿Cómo se lleva el control de las calificaciones dadas por las personas atendidas?**

El control lo realiza personal de RR. HH.

**e) ¿De parte de los directivos de la carrera, existe algún tipo de control para gestionar la atención al cliente?**

Solo por medio de las evaluaciones de los estudiantes.

**f) ¿Le gustaría que el proceso de calificación de la atención al cliente sea automático, es decir, no depender de ningún accionamiento por parte de la persona atendida (botonera)?**

Si, ya que seria automático.

**g) ¿Estaría dispuesta/o a usar una representación gráfica para indicar el nivel de satisfacción que tiene el cliente al inicio y al final de la atención, a través de la detección de emociones?**

Si, ya que por el momento no contamos con esas características.  
Solo RR. HH., dispone de esta información.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Navarro Briones, Juan Daniel**, con C.C: # 0922459649 autor del trabajo de titulación: **Sistema de Reconocimiento de Expresión Facial para la Detección de Emociones: Prototipo para Medir el Nivel de Satisfacción de Servicio al Cliente en la Recepción de la Carrera de Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 5 de marzo de 2020

f.   
**Navarro Briones, Juan Daniel**

C.C: 0922459649



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Sistema de Reconocimiento de Expresión Facial para la Detección de Emociones: Prototipo para Medir el Nivel de Satisfacción de Servicio al Cliente en la Recepción de la Carrera de Computación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil		
<b>AUTOR</b>	Juan Daniel Navarro Briones		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Céleri Mujica, Colón Mario, Mgs		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Sistemas Computacionales		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Sistemas Computacionales		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	05 de marzo del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	89
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Tecnología, sistemas de información, sistemas inteligentes		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Machine Learning; Expresión facial; Análisis de emociones; Calidad de atención al cliente; Detección de caras; Computación afectiva		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>Este proyecto busca mejorar el proceso de calificación de la atención en la recepción de la Facultad de Ingeniería, Carrera de Computación de la UCSG, donde el objetivo principal es predecir la calidad de atención al cliente, basada en el reconocimiento de emociones por medio de la expresión facial del cliente. Para el análisis facial se utilizó la tecnología basada en la nube, Azure Face Api, un motor de expresión facial que permite la detección de caras basado en el algoritmo Viola-Jones; con respecto al proceso de captura de imagen se utiliza una placa Raspberry Pi con su cámara, conectada a una placa arduino y un sensor que detectará la presencia de la persona; para el desarrollo de la solución, se vinculan las diferentes tecnologías utilizadas en una sola aplicación donde se muestra la calificación en curso de la atención, desarrollada en el lenguaje C#. Para el proyecto se utilizó la investigación cualitativa y exploratoria, utilizando la entrevista como técnica de recolección de datos, la misma que se realizó a tres personas del área de la recepción. Del levantamiento de datos, se conoció la forma de realizar el proceso manual de la calificación, reconociendo la necesidad de una actualización y automatización de este proceso. Luego de las pruebas realizadas se pudo constatar la facilidad de uso y ventajas que proporciona su implementación para un mayor control por parte del personal asignado, creando análisis más profundos, que con los métodos convencionales resultaba imposible establecer.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-2968418 / 0982266860	E-mail: juan_navarro25@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Edison José Toala Quimí		
	<b>Teléfono:</b> +593-042 20 27 63 / 593-9-90976776		
	<b>E-mail:</b> edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			