



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

DISEÑO DEL ALGORITMO DEL PERFIL DEL ESTUDIANTE CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL, INTEGRANDO EL RECONOCIMIENTO FACIAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE *MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN*

P R E S E N T A

ING. MARIANO LEÓN NÁJERA

TUTORA ACADÉMICA

DRA. MAGALLY MARTÍNEZ REYES

TUTORA ADJUNTA

DRA. ANABELEM SOBERANES MARTÍN

TUTOR ADJUNTO

DR. RENE GUADALUPE CRUZ FLORES

VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD, MÉXICO OCTUBRE 2021.



CUVCH

**DISEÑO DEL ALGORITMO DEL PERFIL DEL ESTUDIANTE
CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL, INTEGRANDO EL
RECONOCIMIENTO FACIAL**

RESUMEN

En la actualidad las personas buscan estar siempre capacitados, estar actualizados y a la vanguardia, la demanda de una sociedad que no se detiene y siempre está demandando una mayor profesionalización en las plazas laborales, exige esta dinámica en la sociedad, por lo que a muchas personas se encuentran en la necesidad de trabajar y continuar estudiando, adecuando espacios en su apretada agenda, por lo que las plataformas de aprendizaje son una herramienta ideal para poder cumplir con esta exigencia.

De la gran variedad de plataformas de aprendizaje que existen hoy en día, y con las nuevas tecnologías están en caminando a todas ellas a brindar un servicio más personalizado, servicio que solo pueden brindar las plataformas de aprendizaje adaptativas. La estructura de estas plataformas se basa en estudiar primeramente al alumno, desde su comportamiento, resultados de los temas que visita, las lecciones, los materiales de apoyo con los cuales interactúa y definitivamente sus evaluaciones y logros, así es como se estructura un elemento muy importante, al cual se le conoce como perfil del estudiante.

La presente investigación busca incorporar más elementos que complementen este perfil del estudiante al integrar reconocimiento facial, de tal manera que la plataforma de aprendizaje adaptativa pueda responder con ayuda complementaria a expresiones que la inteligencia artificial identifique que el alumno no esté comprendiendo adecuadamente el tema, de tal manera que el alumno se encuentre motivado a continuar con sus estudios, brindando una mejor experiencia de aprendizaje al brindarle un espacio mayormente personalizado y evitar de esa manera la deserción de alumnos en estas plataformas.

Abstract

At present, people seek to be always trained, to be updated and at the forefront, the demand of a society that does not stop and is always demanding greater professionalism in workplaces, demands this dynamic in society, so many people They are in need of work and continue studying, adapting spaces in their busy schedule, so that learning platforms are an ideal tool to meet this requirement.

Of the great variety of learning platforms that exist today, and with the new technologies they are walking to all of them to provide a more personalized service, the necks can only provide the adaptive learning platforms. The structure of these platforms is based on first studying the student who is interacting with the platform, studying their behavior, the result of the topics they visit, the lessons, the support materials with which they interact and definitely their assessments and achievements, is so a very important element is structured, which is known as the student's profile.

This research seeks to incorporate more elements that complement this profile of the student by integrating facial recognition, so that the adaptive learning platform can respond with complementary help to expressions that artificial intelligence identifies that the student is not adequately understanding the subject, of so that the student is motivated to continue their studies, providing a better learning experience by providing a mostly personalized space and thus avoid dropping out of students on these platforms.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3	OBJETIVOS	3
1.4	DELIMITACIÓN O ALCANCES DEL PROBLEMA	4
1.5	HIPÓTESIS.....	5
1.6	JUSTIFICACIÓN	5
2	ESTADO DEL ARTE	7
2.1	HEURÍSTICA.....	7
2.2	HERMENÉUTICA	8
3	MARCO TEÓRICO	11
3.1	MODELO DEL ESTUDIANTE.....	11
3.1.1	MODELO DEL ESTUDIANTE INTEGRAL.....	14
3.1.2	MODELO DEL ESTUDIANTE ABIERTO	14
3.1.3	ELEMENTOS DEL MODELO DEL ESTUDIANTE	15
3.1.4	DIMENSIONES Y VARIABLES MODELO DEL ESTUDIANTE	16
3.2	PERFIL DEL ESTUDIANTE.....	19
3.2.1	ELEMENTOS DEL PERFIL DEL ESTUDIANTE	20
3.3	INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	24
3.4	CLASIFICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	26
3.4.1	INTELIGENCIA ARTIFICIAL DÉBIL	27
3.4.2	INTELIGENCIA ARTIFICIAL FUERTE	28
3.4.3	INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERAL.....	29
3.5	TIPOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	30
3.5.1	MÁQUINAS REACTIVAS	30

3.5.2	MEMORIA LIMITADA	31
3.5.3	TEORÍAS DE LA MENTE	32
3.5.4	AUTOCONSCIENTE	34
3.6	RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES.....	34
4	METODOLOGÍA	41
4.1	INVESTIGACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA.....	41
4.2	INVESTIGACIÓN DE DISEÑO.....	41
4.3	INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	42
4.4	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE PSP	44
4.4.1	FASES DE LA METODOLOGÍA PSP.....	47
5	HERRAMIENTAS EMPLEADAS	52
5.1	ENTORNO.....	52
5.2	PYTHON.....	53
5.3	OPENCV	56
6	REQUERIMIENTOS	58
7	PLANEACIÓN	62
7.1	ANÁLISIS.....	62
7.2	ESTIMACIÓN DE RECURSOS	63
8	FASE DE DESARROLLO	67
8.1	DISEÑO	67
8.2	CODIFICACIÓN	71
8.3	COMPILACIÓN Y PRUEBAS	72
9	RESULTADOS EXPERIMENTALES	80
9.1	DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE LA CAPTURA DE EXPRESIONES FACIALES	80
9.2	DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE ENTRENAMIENTO CON IA.....	81
9.3	DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE IDENTIFICACIÓN DE EXPRESIONES POR RECONOCIMIENTO FACIAL.....	82

10	CONCLUSIONES.....	88
10.1	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	89
11	REFERENCIAS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases de la heurística.	7
Tabla 2. Faces de la hermenéutica.	8
Tabla 3. Modelo del usuario.....	14
Tabla 4. Variables asociadas al usuario.	17
Tabla 5. Variables asociadas a lo tecnológico.....	18
Tabla 6. Variables inferidas del usuario.....	18
Tabla 7. Variables asociadas a lo tecnológico.....	36
Tabla 8. Siete grandes categorías de software.	42
Tabla 9. Procesos, prácticas y herramientas PSP.....	46
Tabla 10. Formato de control del tiempo.	51
Tabla 11. Formato de control de los defectos.	51
Tabla 12. Productos de reconocimiento de rostros.	55
Tabla 13 Ejemplo de historias de usuario implementadas.	59
Tabla 14. Matriz de personal del proyecto.	64
Tabla 15. Matriz de requerimientos del proyecto.	65
Tabla 16. Características del equipo.....	71

Tabla 17. Comparación de scripts librerías y funciones.....84

Tabla 18. Comparación de scripts en parámetros métricos86

Tabla 19. Comparación de scripts en parámetros métricos87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Productos del sector privado que utilizan inteligencia artificial	10
Ilustración 2. Elementos del modelo del estudiante	15
Ilustración 3. Taxonomía aplicada al modelo del estudiante	16
Ilustración 4. Diversidad de usuarios	19
Ilustración 5. Adaptación de la Inteligencia artificial	20
Ilustración 6. Características del modelo del estudiante	21
Ilustración 7. Perfil del estudiante	23
Ilustración 8. Test de Turing	26
Ilustración 9. Identificación de usuarios con IA	27
Ilustración 10. IA débil y fuerte.....	28
Ilustración 11. Imagen analizada con Amazon Rekognition	38
Ilustración 12. Comparación de rostros con Amazon Rekognition	39
Ilustración 13. Diagrama de proceso de mejora de calidad	46
Ilustración 14. Diagrama de Metodología PSP	47
Ilustración 15. Fragmento diagrama modelo PROBE	49
Ilustración 16. Logotipo de Python.....	54
Ilustración 17. Diagrama básico de especificaciones del cliente	60

Ilustración 18. Primer diseño conceptual	63
Ilustración 19. Fase de desarrollo.	67
Ilustración 20. Diagrama del proceso de recolección de imagen y de entrenamiento del modelo.	69
Ilustración 21. Diagrama del proceso de análisis y de respuesta al alumno.	70
Ilustración 22. Scripts alojados en el servidor.	72
Ilustración 23. Librerías de empleadas.....	72
Ilustración 24. Raíz de directorios.....	73
Ilustración 25. Raíz de directorios.....	74
Ilustración 26. Funciones del script 01_recoleccionExpresiones.py.	74
Ilustración 27. Recolección de imágenes desde video streaming	75
Ilustración 28. Cuadros vecinos y falsos positivo.	76
Ilustración 29. Pirámide de imagen.....	76
Ilustración 30. Parámetro minNeighbors.....	77
Ilustración 31. Tiempo de entrenamiento.....	78
Ilustración 32. Modelo XML.....	78
Ilustración 33. Reconocimiento de emoción.....	79
Ilustración 34. Algoritmo captura expresiones faciales.....	81
Ilustración 35. Algoritmo entrenamiento con IA	82

Ilustración 36. Algoritmo de identificación de expresiones por reconocimiento facial	83
Ilustración 37. Aplicación sobre un video de la librería imutils.	85
Ilustración 38. Incorporación de una imagen con pillow.	85
Ilustración 39. Tiempos de entrenamiento.....	86

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente apartado describe la oportunidad que se encontró al complementar el perfil del estudiante a raíz de conocer su arquitectura, identificando elementos que aún no se han incorporado pero que pueden aplicarse en plataformas de aprendizaje, en el planteamiento del problema se describe como se identificó esta problemática. Los motivos del porque dedicarse a la investigación del tema se presenta en la justificación; se establecen a su vez los objetivos que se pretenden alcanzar, así como definen los límites y alcances.

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad la inteligencia artificial (IA) juega un papel importante en la vida cotidiana del ser humano, pero aún son pocos los sectores en los que se emplea, se pueden encontrar ejemplos presentes en actividades tan simples como; en el entretenimiento, al querer ver una película y escuchar una canción; en compras en línea o por internet como ropa, electrodomésticos, tecnología, alimentos, entre otros muchos más; o en actividades más complejas como finanzas en el control de cuentas en bancos, el comportamiento de la bolsa de valores, la aplicación en la milicia tal como lo menciona el sitio de internet Opportimes (2018) donde dan a conocer que por medio de la inteligencia artificial se puede realizar un mantenimiento a la medida y predictivo a los aviones de la fuerza aérea de los Estados Unidos de América, o como el caso de la industria de fármacos como lo publica el Heraldo de México (2020) en la nota de La start-up británica Exscientia y la farmacéutica japonesa Sumitomo Dainippon Pharma, se encuentran desarrollando una herramienta capaz de crear medicamentos utilizando inteligencia artificial.

Los sectores de aplicación aparentemente son variados, pero en verdad son pocos los que cuentan con esta tecnología, de hecho, en su totalidad se encuentra bajo el dominio del sector privado. Es precisamente en este sector que está interesado en conocer a su público objetivo para ofrecerle productos que vayan con estos perfiles de vida, identificando el factor predominante en la tendencia de búsqueda, conocer y entender que es lo que quiere y como lo quiere para que estos prestadores de servicios puedan ofrecer sus productos o similares que satisfagan al usuario, con el propósito de obtener mayores beneficios económicos.

De los principales pilares de una nación son la economía, la milicia, la salud y la educación son los esenciales para un desarrollo prospero entre sus habitantes, ya que garantizan los ingresos familiares, la seguridad de su soberanía, la preservación de la salud en general y el fomento de conocimiento a las futuras generaciones. Hablar de educación con tecnología de IA y de su aplicación, un ejemplo de ello son plataformas de aprendizaje, las hay abiertas o gratuitas, privadas o de paga, que van desde cursar un nivel de grado escolar, hasta cursos,

seminarios y talleres. Respecto al tema de la publicación del sitio APTUS (2020) dice que la aplicación de la IA en la educación está dando pasos importantes en esa dirección, además de mencionar que durante la próxima década los campos en que se moverá la inteligencia artificial en este sector son cinco; realidad virtual, robótica, tutorización inteligente, aprendizaje online y analítica.

En la Universidad Autónoma del Estado de México UAEM Valle de Chalco, interesada por enriquecer y colaborar en el desarrollo de productos educativos innovadores para la sociedad en general, ha decidido realizar un proyecto para crear una plataforma de aprendizaje para la enseñanza de finanzas, contemplando a estudiantes que cuenten con conocimientos avanzados como aquellos que no los tienen, pero en su ánimo de aprender los invaden las ganas de adquirir conocimiento respecto al tema.

La investigación obedece a complementar y enriquecer dicho proyecto, fijando el enfoque de estudio al análisis del perfil del estudiante, considerando un marco teórico que contempla el modelo, perfil, características y elementos que lo conforman. Hondando un poco en los que se aplican y de aquellos que un no son contemplados pero que pueden aportar al desarrollo educativo. Investigando en el estado del arte por desarrollos similares que pueden marcar una directriz hacia una correcta aplicación de la propuesta a desarrollar. En los apartados siguientes se presenta la problemática que se identificó y la como es que se aborda para presentar un producto para su solución.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ya hemos visto que la educación es uno de los pilares importantes para el desarrollo de una nación, y como la UAEM está realizando lo correspondiente para continuar el progreso sobre la misma directriz, no solo en México se realizan estos esfuerzos, un ejemplo es el caso de Brasil y España que según la UNESCO (2020) realizaron un programa automatizado de escritura en portugués y una herramienta para detectar la dislexia en español y recibirán el Premio UNESCO Rey Hamad Bin Isa Al-Khalifa, que promueve la utilización eficaz y ética de la inteligencia artificial en la educación, así como su acceso universal.

Existen aplicaciones en el sector privado con inteligencia artificial dedicadas a descubrir que conocimientos le interesa adquirir al estudiante, coincidiendo nuevamente en obtener un perfil que describa los gustos, preferencias y necesidades de su usuario objetivo. En el sector público no se ve mucha presencia y poco interés en la inversión al desarrollo de estas tecnologías, a diferencia del sector privado, que depende en su mayoría de la captación de alumnos, ya que de eso depende su permanencia y desarrollo en este sector económico.

En la investigación la atención se centrará en el alumno o estudiante, el llegar a conocerlo es indispensable a través de interrogantes como: ¿qué es lo que busca?, ¿cómo lo busca? ¿qué lo motiva? ¿qué está dispuesto a dar por lo que

quiere? tratar de satisfacer a ese alumno será la prioridad, se tiene que volver el objeto de estudio, por lo que el diseño del algoritmo tendrá que centrarse en analizar la mayoría de factores que influyen en la toma de las decisiones, permitiéndole tener una buena práctica a la hora del estudio. El poder contemplar todos los factores que a una persona le permite tomar una decisión es una tarea compleja, por lo que es importante la manera en cómo se aborda esta búsqueda, la problemática se centrará en identificar las características propias del alumno, a las que se les nombrará perfil del estudiante. Razón a la cual se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Al identificar los elementos del perfil del estudiante y de ellos analizar las emociones de su expresión facial, las acciones que emita la inteligencia artificial como respuesta serán suficientes para influir en la disposición a continuar estudiando y a la implementación a la adaptabilidad personal?

Una vez que se conocen estos elementos se separaran aquellos que sean útiles y que aún no han sido incorporarlos al perfil, en términos de la investigación la IA realiza el análisis de expresiones faciales relacionándolo con los elementos de su perfil en la pedagogía, para involucrarlos en el proceso de enseñanza aprendizaje. Después de todo el proceso de análisis, se dejará la puerta abierta de adaptar los contenidos en la interfaz del usuario en base a los resultados que proporcione la IA, de tal manera mejorar el ambiente de aprendizaje para cada estudiante, personalizando su espacio de estudio con la firme intención de generar un ambiente en el que el estudiante según la manera de aprender pueda avanzar en su estudio. Propuesta similar a la publicación del ABC (2019) en el cual explica cómo es que David Bañares trabaja en el desarrollo de un tutor inteligente que atienda los alumnos las 24 horas del día.

La aportación de esta investigación es aplicar el reconocimiento facial a través del análisis de expresiones como parte de los elementos aun no contemplados, pero dentro del perfil del estudiante puedan identificarse, medirse, analizarse y ser incorporados con el propósito de mejorar el perfil del estudiante por medio de un ambiente en el cual el alumno puede desarrollarse y obtener una mejor experiencia de aprendizaje.

1.3 OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar el algoritmo del perfil del estudiante aplicando tecnología de inteligencia artificial para la identificación de emociones a través del reconocimiento facial, con el propósito de generar un modelo propio del alumno y complementar el perfil del estudiante.

ESPECÍFICOS

- Diseñar el algoritmo del perfil del estudiante contemplando el reconocimiento facial.
- Armonizar el algoritmo con la tecnología de inteligencia artificial para automatizar el reconocimiento facial en cada alumno.
- Identificar y clasificar las emociones a través de expresiones faciales con las cuales interactuara la inteligencia artificial.
- Analizar las expresiones faciales con el algoritmo diseñado para generar un modelo perteneciente al perfil del estudiante para cada alumno.
- Realizar el entrenamiento con la inteligencia artificial a partir de las expresiones faciales ya clasificadas de: alegría, desagrado, ira, sorpresa y tristeza, de esa manera obtener el modelo propio al alumno.
- Establecer validaciones recurrentes para verificar la autenticidad del usuario.

1.4 DELIMITACIÓN O ALCANCES DEL PROBLEMA

El diseño del algoritmo del perfil del estudiante es una propuesta digital, modelada bajo el análisis de cada uno de los elementos que estructuran a un alumno en la vida real como lo menciona Rodríguez (2012); estilo de aprendizaje, personalidad, psicología, contextuales, historial, académico, sociológico, ambiental, datos personales, estado anímico actual y emocional, los dos últimos son la base que incorporará el reconocimiento facial a expresiones que el alumno realice, el módulo que se desarrollara será una herramienta digital que puede ser implementada en plataformas de aprendizaje en internet, pero para el objeto de la investigación se realizara en alumnos de centro universitario UAEM Valle de Chalco.

Para poder concluir con el diseño del perfil del estudiante se contará con 18 meses a partir de la aceptación del protocolo, por lo que el siguiente paso es apegarse al tiempo ya distribuido de manera eficiente en el cronograma ya propuesto, que contempla el análisis de trabajos de investigaciones similares ya publicadas, para aplicar el desarrollo en la metodología propuesta PSP.

El Diseño del algoritmo del perfil del estudiante propuesto por esta investigación surge de la oportunidad de poder incorporar elementos que consoliden un perfil más completo, ya que contempla el análisis de expresiones faciales que por medio de la inteligencia artificial podrá proporcionar productos, estos servirán para proporcionar una interfaz al alumno de acuerdo al nivel de aprendizaje, ya que existen alumnos con la capacidad de aprender a un ritmo acelerado, por otro lado, existen en polo opuesto, los que comprender un tema se convierte en una tarea muy difícil.

Por lo que realizar una herramienta que puedan identificar qué tipo de perfil es cada alumno, de tal manera que para cada alumno pueda recibir un espacio personalizado en el que pueda aprender a su ritmo de la mejor manera. Lamentablemente no para todos los alumnos podrá ser asequible, ya que el reconocimiento de expresiones faciales debe llevarse a cabo por medio de una cámara digital que el propio alumno pueda tener en el ordenador con el que este interactuando, sin ella el módulo no podrá habilitarse. por otro lado, al día de hoy toda notebook cuenta ya con su cámara integrada, así permite que la mayoría de los alumnos puedan interactuar y obtener esta experiencia. Si bien es cierto que el desarrollo de este algoritmo se realiza en el periodo de investigación por el tiempo total de 24 meses en los cuales el CONACYT financiara para lograr esta meta, sin la preocupación de contratar licencias o hardware robusto, ya que solo se necesita para su construcción software libre, lápiz, bolígrafos, una computadora personal propiedad del desarrollador, tiempo, esfuerzo y calidad en cada una de las etapas. Será entonces que por medio de este conjunto de reglas o pasos ordenados definidos y finitos que contempla el algoritmo, es que la inteligencia artificial responderá y permitirá realizar la adaptación al perfil del estudiante con base en el análisis inicial, ya que en un principio el objetivo es complementar ese perfil de estudiante existente, para que una vez que se tenga pueda interactuar con el módulo de una manera eficaz y efectiva.

1.5 HIPÓTESIS

Si los alumnos que recibieron la ayuda del algoritmo después de haber analizado sus expresiones faciales y encontraron una nueva distribución en su interfaz de estudio, alojando contenidos versátiles de acuerdo a los productos aplicados por la inteligencia artificial a su perfil tuvieron mayor rendimiento y permanencia que los que no lo hicieron.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe una variedad de tecnologías educativas que pueden adaptarse a los sistemas de información, con funciones útiles de metodologías pedagógicas, de entre las más completas cuentan con traducciones a otros idiomas, sin límite de usuarios, contienen publicaciones multiformato, diseñadas desde bajos perfiles de usuario, realizan autoevaluaciones, dan seguimiento de desempeño, pero la realidad es que el ritmo acelerado de vida al día de hoy solo deja espacios muy cortos de tiempo para poder realizar actualizaciones en los estudios como; la educación elemental, licenciaturas, posgrados, cursos y talleres, supervisados y evaluados por profesores, lo que limita aún más los tiempos de aprendizaje y los alumnos que puedan limitarse al inscribirse solo a pocos de ellos, a su vez Cataldi (2010) con su trabajo titulado modelo del estudiante en sistemas tutores inteligentes,

donde la libertad de horarios y revisión de progreso se realizarían de manera automática.

Una de las necesidades en las cuales se piensa es para brindar esa oportunidad y aprovechar los tiempos cortos y poder realizar algunas de las actividades pedagógicas de estudios, diseñando así ambientes de trabajos personalizables respecto al perfil del alumno y aprovechar al máximo su forma de aprendizaje, objetivo que se piensa alcanzar al realizar el algoritmo con la tecnología de inteligencia artificial como la visión del autor González (2009) en su trabajo titulado Modelo dinámico del estudiante en cursos virtuales adaptativos utilizando técnicas de inteligencia artificial, adecuando los cursos a partir de elementos contenidos en el perfil del estudiante.

De Investigaciones realizadas sobre reconocimiento de imágenes a expresiones faciales se analizó una en la cual el objetivo es identificar las emociones relacionadas en pacientes deprimidos o esquizofrénicos, propuesta que realiza Pérez (1999), trabajo que promueve la iniciativa de diseñar un algoritmo que modele el perfil del estudiante incorporando expresiones faciales definidas, incluyéndolas como un elemento más que era no contemplado en el perfil del estudiante y dejándolas fuera del contexto de aprendizaje, además de armonizar el algoritmo con la tecnología de inteligencia artificial y entregar productos útiles para la generación de ambientes personalizables de aprendizaje a cada tipo de perfil.

Sin duda alguna uno de los propósitos de esta investigación es que los alumnos a los cuales les sean analizadas sus expresiones faciales con el módulo desarrollado, puedan obtener una experiencia personalizada de aprendizaje en sus interfaces, dependiendo de la información que haya estructurado la inteligencia artificial con base en los productos realizados a su perfil. Así que, dentro de toda la gama de metodologías existentes, dadas sus características, métodos y técnicas que implementan, la que mejor se adapta a la investigación es la metodología ágil Proceso Personal de Software (PSP) por sus siglas en ingles.

2 ESTADO DEL ARTE

Buscando asumir una postura crítica frente a lo que ya se ha hecho al día de hoy y lo que falta por hacer entorno a una problemática concreta, la realización del estado del arte permite compartir información así como descubrir avances, además de buscar el apoyo también de otras estrategias de investigación, consolidando la forma en como otros actores han abordado el tema, hasta donde han llegado y que tendencias se han desarrollado, además de conocer cuáles fueron sus productos y que problemas se han abordado y resuelto. Tal como lo aborda Londoño (2016) cuando habla del estado del arte en el campo de la tecnología hace referencia al nivel más alto de desarrollo conseguido por el momento, sobre una técnica o un dispositivo tecnológico. Además precisa que el estado del arte permite el desarrollo de un pensamiento claro y productivo sobre un tema específico ya que es el proceso en donde el investigador sobre su trabajo, ¿qué tanto se ha investigado?, ¿Quiénes han investigado?, ¿Qué vacíos existen?, ¿Qué logros se han conseguido?, ¿Desde qué dimensiones? Y ¿Qué aspectos faltan por abordar? Con el propósito de construir los antecedentes a partir de ellos mismos; realizar un sondeo descriptivo, sinóptico y analítico; para alcanzar un conocimiento crítico y una comprensión de sentido del tema en específico; así generar nuevas comprensiones surgidas de las existentes, todo esto a través de los siguientes pasos:

2.1 HEURÍSTICA

De su significado del griego heuriskein que en español significa descubrir, encontrar e indagar en textos o en fuentes históricas, las cuales a lo largo de esta investigación se han citado. Además, la heurística sirve para la resolución de dificultades o problemas, implementar la heurística en textos de investigación requiere del uso de la suma de procedimientos que se abordaran cada uno respecto a la investigación, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 1. Fases de la heurística.

N. P.	FASES	APLICACIÓN
1	INICIACIÓN	Algoritmo, perfil del estudiante, inteligencia artificial, reconocimiento facial.
2	EXPLORACIÓN	Lectura analítica y descriptiva
3	DESCRIPTIVA	Definiciones, investigaciones, artículos, productos en los últimos 8 años.
4	FORMULACIÓN	Generación de ideas bases
5	RECOLECCIÓN	Compilación de la información, referencias.
6	SELECCIÓN	Organizar el material para determinar si algo falta.

Fuente: (Palacios, 2016)

2.2 HERMENÉUTICA

La hermenéutica, del griego *hermeneutiké tejne*, que al español significa la capacidad para explicar, traducir, interpretar y explicar las relaciones existentes entre un hecho y el contexto en el que acontece. Cuestiones que se han abordado hasta el momento en la investigación como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 2. Faces de la hermenéutica.

FASE	APLICACIÓN
INTERPRETACIÓN	Es proceder al análisis de los documentos por áreas temáticas de manera integrada.
CONSTRUCCIÓN TEÓRICA	Comprende la revisión de conjunto de la interpretación de los núcleos temáticos
PUBLICACIÓN	Es dar a conocer a la comunidad científica los resultados finales del Estado del Arte ya consolidado

Fuente: (Palacio, 2016)

Como parte de los productos elaborados del sector privado, atendiendo necesidades de los usuarios a través de estudios de mercado, se muestran los siguientes en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

YouTube, una plataforma dedicada a compartir videos en categorías como clips de películas, programas de televisión, musicales, contenido amateur como videoblogs y gaming. La plataforma desarrolla un ambiente de trabajo sencillo e intuitivo que permite la generación de video en vivo, edición de videos y el poder generar listas de reproducción. La plataforma cuenta con su aplicación publicada y gratuita en los sitios oficiales de Google y IOs para dispositivos móviles como smartphones o tabletas que funcionan con esos sistemas operativos, también cuenta con aplicaciones ya preinstaladas en dispositivos como pantallas o televisores.

La plataforma en el caso de ser generador de contenido: requiere forzosamente estar dado de alta, pero para todos aquellos que se dedican solo a consultar videos no es necesario, pero de hacerlo la aplicación brindará por medio de su programación de la inteligencia artificial el poder realizar una adaptabilidad en su interface con el contenido que el usuario más disfrute, además que siempre estará sugiriendo contenido nuevo, el cual mantendrá siempre actualizado al usuario.

Caso similar es la aplicación de Spotify que brinda un servicio de música, es necesario tener una cuenta para poder acceder a este servicio, similar al caso de YouTube se puede hacer uso de su servicio de manera gratuita, pero con

intervenciones de anuncios comerciales o promocionales de productos, o acceder a la versión de pago que los elimina y permite el acceso total a la música, audio libros y podcast, adaptando la interfaz a los gustos y preferencias del usuario.

Para la empresa NETFLIX, plataforma de entretenimiento, a diferencia de YouTube y de Spotify esta sí es exclusiva al ser de pago, forzosamente requiere de una suscripción, la temática es similar, pero para el ejemplo la inteligencia artificial programada proporcionara una selección de películas, series, y cortometrajes a la que la interfaz al usuario adaptara en términos de su selección y programas previamente ya consultados y vistos.

En la mercadotecnia, en plataformas de ventas como Alibaba, EBay, Amazon y mercado libre de entre los más populares, en donde sus algoritmos de inteligencia artificial ofrecen al usuario una experiencia de compra y venta al proporcionarle una gran variedad de productos y de vendedores, además de ofrecer un ambiente idóneo en el cual puede interactuar con todos ellos comparar precios y características, en pocas palabras un ambiente justo a la medida para este tipo de servicios. Una vez que identifica la necesidad de compra, su motor de IA asociará productos que satisfagan esta necesidad, de un mundo vasto de ofertas las aplicaciones presentarán los productos y proveedores más consultados, por lo que de parte de los proveedores piden al final de una compra la opinión que considera para fijar una calificación y de ser proveedor presentar dentro de los top en las listas para mostrar.

Es impresionante que, gracias a aplicaciones como estas, las empresas pueden ofertar sus productos a usuarios en cualquier parte del mundo, el implementar la IA en estas aplicaciones permite un mayor control y orden ya que, pensando que si se hiciera de manera manual por personas tendría un enorme retraso. La IA llega para ordenar y expandir posibilidades en múltiples actividades.

Continuando en el sector del entretenimiento y donde mayormente se aplica la IA y se ha visto su apogeo es en el ámbito de los video juegos, empresas que dedican sus recursos en el desarrollo de los mismos, apostándole a una población que cada día demanda de aplicaciones sofisticadas potentes y llenas de pixeles. La tecnología avanza en este ámbito con hardware que permita explotar todo su potencial con computadores, pantallas, dispositivos periféricos, consolas, mandos entre otros.

Por mencionar y tomar el ejemplo de uno de los video juegos de moda, populares entre niñas, niños, señoritas, jóvenes y adultos, es el juego de Fortnite, desarrollado por la empresa Epic Games. Que se distingue por apostar una gran fortuna en su torneo mundial de cada año al que se le conoce como WordCup, donde reparte una bolsa de más de 10 mdd en las primeras 10 plazas finalistas. Es un juego bélico con gráficos en 3D con Skins caricaturescas, que lo distingue del resto de los demás juegos similares, el juego permite dentro de su interfaz las micro transacciones, por la venta de artículos y modos de juegos exclusivos.

Con el propósito de generar modos de emparejamiento por habilidades se ve la inteligencia artificial inmiscuida en múltiples roles como el anterior, como para

generar el comportamiento de un jugador, al que le llaman Bot, esta IA tiene la capacidad de mantener una partida con jugadores reales a partir de este emparejamiento, por lo que el progreso y evolución dentro del juego ha ido perfeccionándose, ya que la intención es generar múltiples Bots que mantengan un nivel de juego aceptable y que pueda mantener al usuario entretenido aportando una mejora en su crecimiento y experiencia en el juego.



Ilustración 1. Productos del sector privado que utilizan inteligencia artificial

Fuente: Elaboración propia (2020)

Es demasiado claro que la tecnología no se detiene y lo que a la fecha es algo novedoso al paso de tiempo evolucionara rápidamente, perfeccionando se las aplicaciones o ajustándose a la tecnología emergente y de moda, lo que queda claro es que sin importar que tan rápido evolucione la intención es retomar estos grandes ejemplos como precedentes que fundamentan la investigación.

3 MARCO TEÓRICO

En el transcurso del siguiente apartado se propone una revisión de la literatura en relación a la conceptualización del perfil del estudiante y los elementos que lo conforman. Del mismo modo se estudia la conceptualización de inteligencia artificial la clasificación que esta guarda y la tipología que tiene. Por último, respecto al estado del arte se aborda el reconocimiento facial como desarrollo y tecnología que se aplica para la comercialización de productos como también la implementación de la IA con el mismo propósito.

3.1 MODELO DEL ESTUDIANTE

En la sociedad actual se caracteriza por cómo se ha transformado nuestro ritmo de vida cotidiano su complejidad y dinamismo. Las transformaciones socioculturales en rubros como política, economía, sociedad, cultura pero sobre todo en la educación, que trae consigo la sociedad de la información, abriendo la puerta ya hace tiempo a este tipo de organización social en el que la información y el conocimiento ocupan un rol central. Para Castells (2004) la llegada del internet como medio de comunicación y su integración en la sociedad dejando en claro que la considera una de las bases en la actualidad de tal manera que la nombró la sociedad red.

Desde la llegada de esta sociedad, el entorno de comunicación que ha generado Internet a través de conexiones entre los innumerables dispositivos, no importando el lugar del mundo en que se encuentren resulta imparable, por lo que no es posible desentenderse de estos instrumentos, es evidente que la tecnología está presente a nuestro alrededor. Cada día que transcurre existen innovaciones, proyectos nuevos, tecnología cada vez más pequeña y potente que facilita y permite una mejor calidad de vida personal, social y global.

En lo que concierne a la educación, se puede apreciar en la infraestructura digital que se ha desarrollado desde hace algunos años atrás, al desarrollar en un principio sitios web para educar en línea, la evolución de estos a plataformas de aprendizaje, las cuales define Rodríguez (2005) como entornos educativos de varios sistemas de información, elaborados con amplio rango de aplicaciones informáticas instaladas en un servidor cuya función es la de facilitar al profesorado la creación, administración, gestión y distribución de cursos a través de Internet.

De entre los sistemas de información se analizarán los sistemas adaptativos (SA), los cuales son Sistemas con la capacidad de ajustar su funcionamiento a las metas, tareas, intereses y otras características de los usuarios o grupos de usuarios (Peter, 2002) por lo que el interés es conocer esos usuarios, su manera de aprendizaje respecto a sus características personales, definiendo así el perfil del estudiante. De acuerdo con lo anterior, la adaptabilidad del sistema puede

entenderse como la capacidad del sistema para que dinámicamente adapte su conducta a los requerimientos de la interacción usuario sistema.

Otro de los sistemas de información son los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) los cuales permiten la emulación de un tutor humano a fin de poder determinar: qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar a través de un módulo del dominio: que define el dominio del conocimiento, un módulo del estudiante: que es capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada punto durante la sesión de trabajo, además de almacenar información explícita de él, es aquí que se estructura el perfil del estudiante, un módulo del tutor: que genera las interacciones de aprendizaje basadas en las discrepancias entre el especialista, el estudiante y finalmente la interface con el usuario: que permite la interacción del estudiante con el STI de una manera eficiente sobre el conocimiento y cómo presentar los contenidos. De tal manera los STI son capaces de juzgar lo que sabe el estudiante y cómo va en su progreso, a través de la interacción entre los módulos básicos, por lo que la enseñanza, se puede ajustar según las necesidades del estudiante, sin la presencia de un tutor humano (Cataldi, 2010), por lo anterior es claro observar que el perfil del estudiante es el centro de partida para el sistema tutorial.

Al igual que los STI están los Sistemas de Administración de Aprendizaje o comúnmente conocidos como Learning Management System (LMS) vislumbra aquellas experiencias de comunidades que acumulaban sus conocimientos y aprendizaje a través de prácticas sociales donde el conocimiento era un acto de participación. No obstante, todos ellos son sistemas similares a las plataformas de comunidad de aprendizaje y tal como se conciben hoy día, se inspiran en variadas prácticas educativas, como: gestión de cursos, gestión de clases, herramientas de comunicación, herramientas para los estudiantes, gestión del contenido, herramientas de evaluación y gestión de institución educativa, diseñados con el objetivo de llevar los procesos administrativos y de seguimiento que se requieren para un sistema de enseñanza-aprendizaje (Peñalvo, 2005).

Realizar la investigación de un diseño correcto del perfil del estudiante permitirá a su vez una correcta implementación del módulo diseñado para plataformas de aprendizaje adaptativo, al tomar en cuenta e incorporar todos los elementos que estas necesitan para desarrollarse de manera natural, así poder llegar al pensamiento de Puigvert (2006) en la que menciona el proceso de transformación no como un proceso sencillo, sino, más bien como un proceso sensible que requiere de la aplicación de teorías e investigaciones para poder llegar a esa transformación de los centros educativos en comunidades de aprendizaje.

Para poder plantear correctamente el perfil del estudiante primeramente se estudiará el modelo del estudiante, el cual según VanLehn (1988) el modelo del estudiante es también un modelo de simulación estructurados con los componentes de un sistema tutorial inteligente, el cual se encarga de describir los procesos en el cual el alumno asimila la información sobre problemas logrando aciertos. Complementando la definición anterior afirma Castro (2016) que el modelo del estudiante es el responsable de establecer el perfil de aprendizaje en el alumno

mediante el diagnóstico realizado respecto al nivel de conocimientos de parte del alumno.

Para Vélez (2009) el modelo del usuario es una fuente de conocimiento que contiene suposiciones explícitas del usuario, que pueden ser relevantes al comportamiento del sistema. Por lo que el modelado es la construcción incremental encargada de almacenar, actualizar y eliminar entradas, de mantener el modelo interactuando óptimamente. Mientras que la autora Vélez Ramos menciona que los modelos de usuarios son construidos generalmente usando técnicas, una llamada modelado de superposición en la que contempla el conocimiento del usuario y el conocimiento del experto, en la cual lo importante es encontrar la estimación inicial del conocimiento que posee el usuario con un número pequeño de observaciones, una técnica un tanto complicada de aplicar. Otra es una de las técnicas más usadas que se nombra modelado de estereotipos de usuarios que consiste en clasificar a cada uno de los usuarios respecto a sus características comunes.

La primera característica que la autora considera es la clasificación, siendo el área donde se usan los modelados, los modelos más utilizados han sido el perfil del usuario y el modelo del estudiante. Mientras que el primero se centra en el modelado de intereses que realizan los sistemas de recuperación y filtrado de información, el segundo su enfoque es en relación a quien se modela en los sistemas educativos, el estudiante. Partiendo de la información anterior, se distingue entre el usuario como individuo, y los modelos de usuario, que representan en contexto actual de trabajo del usuario. La base de sistemas adaptativos educativos toma los conocimientos, el filtrado y recuperación de información que han sido de intereses de los usuarios.

En la Tabla 3 se muestra el modelo del usuario y la información que se puede obtener de él, el modelo está íntimamente ligado a la naturaleza de la información representada. Sin embargo, se puede destacar las redes bayesianas, el razonamiento basado en casos y la lógica difusa como las principales técnicas utilizadas para el mantenimiento de modelos del estudiante. Los perfiles del usuario son mantenidos generalmente por diferentes técnicas provenientes del aprendizaje de máquinas y la minería de datos.

Tabla 3. Modelo del usuario

Modelo del estudiante	Perfil del estudiante
Sistemas que se centran generalmente en la selección de actividades educativas y la entrega de retroalimentación personalizada a cada estudiante a partir de su nivel de conocimiento u otra variable de relevancia en los procesos educativos.	Sistemas de filtrado y recuperación de información, representa los intereses del usuario en términos de conceptos y palabras principales.
Redes bayesianas	Minería de datos
Razonamiento basado en casos.	Filtrado basado en contenidos
	Filtrado colaborativo

Fuente: Elaboración propia (2020)

Respecto a la información presentada tanto para el perfil del usuario y el modelo del estudiante donde el objeto de estudio es el usuario, ciertamente los análisis que realizan son para conocer las variables o elementos específicos y el comportamiento que puedan tener.

3.1.1 MODELO DEL ESTUDIANTE INTEGRAL

El modelo del estudiante integral refiere la incorporación de elementos de diferentes dimensiones, la primera de ellas la de adaptación, que contempla las características del usuario, interacción y contexto como se muestra en la Ilustración 2, además de la tecnología que se implementará, los protocolos de interoperabilidad, estándares y especificaciones, producción de unidades de aprendizaje, entre otras. Considerando que el modelo del estudiante integral cuente con todas las dimensiones, tanto las características del usuario, contexto e interacción la adaptación debería ser posible.

3.1.2 MODELO DEL ESTUDIANTE ABIERTO

Es un modelo del estudiante al que el usuario puede acceder, con el fin de mejorar la exactitud del modelo, promover la reflexión sobre su usuario, ayudar a los estudiantes a planear, realizar seguimiento y tener un mayor control sobre su aprendizaje, con el fin de alcanzar un estado metacognitivo, al reflexionar sobre su propio conocimiento. Ciertamente el modelo del estudiante abierto permite que el alumno pueda acceder a cierto tipo de información, pero a su vez no todos los detalles del modelo de usuario están disponibles, pero si otorga privilegios de que

solo es él quien controla el acceso a su modelo, sin embargo, él no puede dar acceso a otros usuarios para que puedan conocer o interactuar con su modelo.

3.1.3 ELEMENTOS DEL MODELO DEL ESTUDIANTE

Los elementos que conforman el modelo del estudiante son tres y se les nombra dimensiones como se aprecia en la Ilustración 2, La primer dimensión usuario almacena información que permite la adaptación de contenidos, la segunda dimensión de interacción sirve para la adaptación de actividades, mientras que la dimensión de contexto servirá para realizar la adaptación al dispositivo.

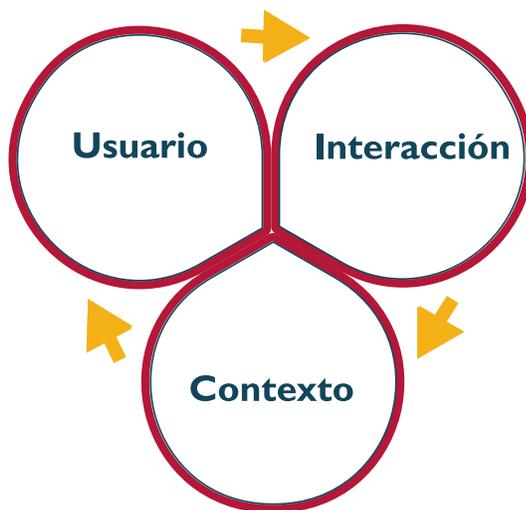


Ilustración 2. Elementos del modelo del estudiante

Fuente: Adaptación personal (2020)

El modelo de usuario integral representa el nivel de competencia y conocimiento que un estudiante ha alcanzado, para este modelo la autora lo complementa con la taxonomía de Bloom, la cual incluye seis categorías las cuales se pueden obtener como resultado de un proceso cognitivo, en el diseño de la unidad de aprendizaje el experto temático puede considerar que el alcance del curso es intermedio y podrá de esta manera solo definir variables de adaptación hasta dicho nivel como se muestra en la Ilustración 3.



Ilustración 3. Taxonomía aplicada al modelo del estudiante

Fuente: Elaboración propia (2020)

La autora Vélez (2009) propone una definición para el modelo de estudiante integral en la que menciona que el modelo de usuario se desarrolló a partir de dos tipos de actividades:

- La revisión de trabajos que implementaban modelos de usuarios y diseño
- El desarrollo de prototipos experimentales que validaban algunas de las variables consideradas en el modelo de usuario definido inicialmente.

Los resultados de esta fase fueron, la definición de un modelo de usuario genérico, expandible y ajustable a las necesidades del dominio del módulo, en él se han incluido variables propuestas para adaptación desde diferentes perspectivas. El Modelo de Estudiante Integral, se ajusta a los entornos de aprendizaje virtual y en el que se ha considerado la relación costo/beneficio entre definición de variables y mantenimiento del modelo.

Para el modelo del estudiante integral sus dimensiones y características se plantean entorno a las tres ya mencionadas: usuario, interacción y contexto además de contemplar la inclusión de variables que considera la autora Vélez (2009) que pueden relacionarse directamente a cada una de estas características y que en el futuro perfeccionarán este modelo.

3.1.4 DIMENSIONES Y VARIABLES MODELO DEL ESTUDIANTE

El usuario como dimensión se le atribuyen las variables asociadas al usuario como se muestra en la Tabla 4; el género, edad, preferencias, estado civil, país de nacimiento, país de residencia, lengua madre, otras lenguas, nivel de conocimientos, nivel de competencias, objetivos de aprendizaje, metas, conocimientos previos, competencias en uso de las computadoras, estilos de aprendizaje, entre otros. Las variables que rodean al usuario se obtienen de manera

implícita cuando se obtiene del seguimiento de su trabajo realizado en su ambiente de aprendizaje digital y explícita cuando de una manera directa a través de una pregunta se obtiene la información.

Tabla 4. Variables asociadas al usuario.

RESPECTO AL USUARIO	
Edad	País de origen
Sexo	País de residencia
Estado Civil	Nivel de competencia
Objetivos	Conocimientos previos
Lengua Madre	Estilos de aprendizaje
Otras lenguas	Experiencia en el uso de entornos virtuales
Lengua de preferencia	

Fuente: Elaboración propia (2020)

Cuando la autora Vélez (2009) aborda la dimensión del contexto se refiere a los factores que permiten que el alumno pueda interactuar con el sistema de aprendizaje digital considerando la tecnología, la accesibilidad, y las emociones del usuario, además de toda disposición física y mental que tenga el estudiante al momento de interactuar en su estudio, las variables que pueden definirse en esta dimensión son: dispositivos con los que interactúa, ancho de banda, sistema operativo, software de los dispositivos en los cuales interactúa, dispositivos periféricos, tamaño del texto, entre otros.

Las tecnológicas refiriéndose básicamente al software, hardware e infraestructura de red como se muestra en la Tabla 5. De accesibilidad la autora plantea aquellos grupos vulnerables en los cuales tienen una discapacidad y se crean dispositivos especializados con los cuales pueden interactuar con el sistema, haciendo referencia a las emociones como impulsos físicos detectados a través de sensores especializados capas de poder medirlos y poder interpretarlos dentro del sistema durante la realización de tareas específicas.

Tabla 5. Variables asociadas a lo tecnológico.

TECNOLÓGICO	
ACCESIBILIDAD	TECNOLÓGICO
Tipo de teclado	Tipo de dispositivo
Dispositivo de navegación	Ancho de banda
Tamaño del texto	Capacidad disponible de computo
Contraste	Sistema operativo
Preferencias de teclado	Software
	Navegador
	Resolución en pantalla

Fuente: Elaboración propia (2020)

La autora Vélez (2009) aborda la dimensión de la interacción contemplando todos aquellos elementos que pueden ser inferidos por medio del uso del estudiante con su ambiente de aprendizaje como se muestra en la Tabla 6, dentro de las variables que destacan son: número de sesiones, duración por sesión, material al que ha tenido acceso, aportes, número de interacciones con otros usuarios, tipo de interacción y duración de las mismas, fechas de acceso, entre otras. En esta dimensión la autora clasifica en las interacciones que tiene de manera personal el usuario y las que son por comunidad.

Tabla 6. Variables inferidas del usuario.

VARIABLES	
Personal	Comunidad
Número de sesiones	Número de interacciones
Tiempo de visita	Fechas de interacciones
Tipo de material solicitado	Usuarios de comunidad
Número de aportes	Tipo de interacción
	Duración de interacciones

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.2 PERFIL DEL ESTUDIANTE

El perfil del estudiante propone que se definan y se almacenen las características que presenta cada uno de los estudiantes, tomando en cuenta que existe una variedad de personalidades en los alumnos como se muestran en la Ilustración 4, la información con la que interactuaron los alumnos durante sus sesiones de trabajo en la plataforma de aprendizaje se almacena en una base de datos, en la que debe guardar además la información personal de cada uno de los usuarios.



Ilustración 4. Diversidad de usuarios

Fuente: Adaptación personal (2020)

Para González (2009) el perfil del estudiante lo define como la forma de aprendizaje, un acompañamiento constante al alumno en el sistema de evaluación estructurado por: el histórico como una forma de predecir desempeños, la evaluación de la lección modelando habilidades y predicción de logros, además este modelo tiene diferentes herramientas para enriquecer el perfil y agrupar estudiantes según sus estados cognoscitivos.

El propósito de diseñar el perfil del estudiante es formular ambientes de enseñanza y aprendizaje interactivos, que se puedan adaptar a las características y preferencias del estudiante. El diseño del perfil está pensado con componentes que puedan ser reutilizables a modularizar y que sea independiente del dominio. Así, cuando el estudiante ingresa al sistema por primera vez, éste debe solicitar sus datos personales y académicos, de una secuencia de interfaces retomar sus características a fin de obtener no solo el nivel de conocimientos sino también definir el modelo de estudiante, a fin de permitir la selección de la estrategia didáctica más adecuada para cada estudiante (Cataldi, 2010).

A su vez como lo plantea el autor Conejo (2001) un modelo basado en el nivel de conocimiento sobre los conceptos del estudiante, temas y asignaturas que son los ítems en que se divide el dominio, a este perfil se le hace especial énfasis en el diagnóstico del nivel de comprensión, el cual se realiza por medio de un test adaptativo con la técnica de redes bayesianas el cual evalúa no solo la respuesta si no la forma en que se responde.

Con base en el párrafo anterior la necesidad en la actualidad de tener sistemas de información independientes, controlados automáticamente, incorporando lo nuevo en tecnología a procesos cotidianos, la incorporación de la inteligencia artificial a las plataformas de aprendizaje está en constante evolución.

Para lograr desarrollar un perfil del estudiante idóneo se requiere del análisis de información valiosa que pueda retroalimentar la inteligencia artificial, se podría analizar múltiples variables así como información y tener algoritmos de inteligencia artificial sofisticados, pero solo se logrará el resultado esperado si se cuenta con el tipo de información selecta y filtrada como se muestra la Ilustración 5, para la cual una de las técnicas que más se adapta es la de minería de datos, esta técnica realiza la búsqueda de patrones sugerentes y regularidades importantes en grandes bases de datos, denominado conocimiento cualitativo, en base a procesos que ya se mencionan a su vez en el modelo del estudiante.



Ilustración 5. Adaptación de la Inteligencia artificial

Fuente: Elaboración propia utilizando imágenes de acceso abierto (2020)

La minería se puede aplicar con métodos de sistemas inteligentes y otros métodos asociados, para descubrir y detallar patrones presentes en los datos. Se pueden obtener agrupaciones en un conjunto de datos, sin tener relaciones o clases predefinidas, basándose en la similitud de los valores de los atributos de los distintos datos. La minería de datos se puede aplicar incluyendo algoritmos de inducción, algoritmos genéticos, redes neuronales y redes bayesianas; de acuerdo con el problema a resolver (Cataldi, 2010).

3.2.1 ELEMENTOS DEL PERFIL DEL ESTUDIANTE

El perfil del estudiante es un conjunto de información sobre el mismo, principalmente contemplando sus características y preferencias, resaltando todo lo que puede ser

utilizado para obtener resultados acordes con su particularidad y personalidad. Diseñar un perfil del estudiante permite asistir a un alumno o a un docente a elegir objetos educativos acordes a sus características personales y preferencias tal como lo describe Rodríguez (2012) en su trabajo de Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante.

Por lo que solo se analizarán las características del alumno como se muestra en la Ilustración 6, que son relevantes para el proceso educativo y se construye a partir de variables referidas a las características personales respecto a sus preferencias y atributos permanentes, al historial le pertenecen las variables dinámicas referentes al proceso de aprendizaje del alumno, resaltando la importancia de los estilos de aprendizaje, como una característica relevante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, basados en el modelo propuesto por González (2009).

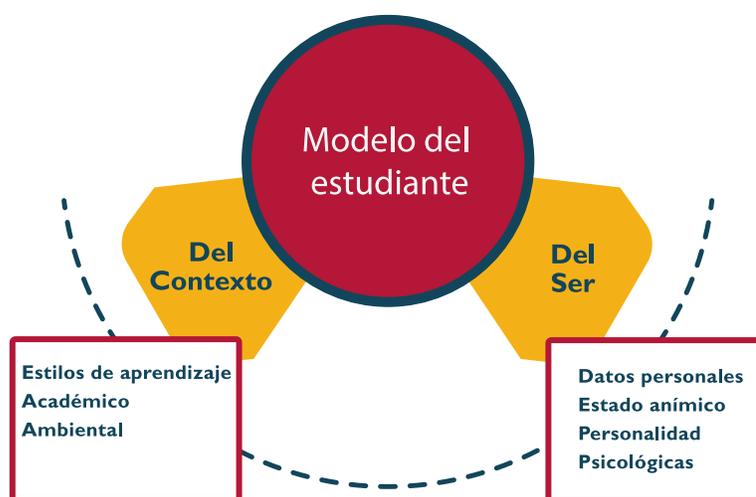


Ilustración 6. Características del modelo del estudiante

Fuente: Elaboración propia (2020)

Del Ser: es información relevante del estudiante, está contempla datos precisos que definen su personalidad, además de incorporar los conocimientos que posee el alumno y que son relevantes para estructurar este perfil, como se describen a continuación:

Datos personales. Identificación del usuario ante el sistema: usuario, contraseña, nombre completo, edad, sexo, lenguaje madre, localización, fotografía, entre otros.

Estado anímico: Negativo, neutral y positivo. Asumiendo que el estado inicial se encuentra en el estado neutral.

Personalidad. La personalidad puede entenderse como la serie de patrones duraderos de percibir, relacionarse y pensar acerca del ambiente y de uno mismo; Introversión – Extroversión: Inteligencia, vocabulario, persistencia; Neuroticismo –

Emocionalidad, Lentitud, estabilidad; Psicoticismo – Dureza: Aceptación Normas, atención, creatividad.

Psicológicas Involucra al cerebro izquierdo, derecho, los cuatro cuadrantes, inteligencias múltiples, donde la inteligencia no es algo unitario, que agrupa diferentes capacidades específicas con distinto nivel de generalidad, es más bien un conjunto de inteligencias múltiples, distintas e independientes:

- Inteligencia lingüística
- Inteligencia Lógica-matemática
- Inteligencia espacial
- Inteligencia musical
- Inteligencia corporal-cinestésica
- Inteligencia intrapersonal
- Inteligencia interpersonal
- Inteligencia Emocional
- Inteligencia naturalista

Del Contexto: entorno de trabajo que posee el estudiante para desempeñarse dentro del sistema de educación virtual: velocidad de acceso a Internet, navegador y sistema operativo.

Estilos de aprendizaje: modo en el que un individuo aprende, se refleja en sus diferentes habilidades, intereses, debilidades y fortalezas académicas: Sensitivos – Intuitivos, Visuales – Verbales, Inductivos – Deductivos, Activos – Reflexivos y Secuenciales – Globales.

Académico: Representación del estado del conocimiento del estudiante dentro del curso; Nivel de comprensión del tema, El historial de ítems visitados, Tiempos requeridos y Log de interacción.

Medio ambiente que rodean actualmente al alumno: clima, temperatura, ubicación, hora, Día de la semana, entre otros.

- Aspectos de visualización del sistema, tales como tipo de letra, colores a usar.

Un modelo que complementa al ya mencionado es el que propone el autor Rodríguez (2012) en el cual además toma en cuenta elementos que González (2009) no incorporo en su modelo como se muestra en la Ilustración 7.



Ilustración 7. Perfil del estudiante

Fuente: Adaptación (González G., 2009)

El diseño de una plataforma de aprendizaje digital adaptativa debe contemplar indudablemente el analizar todos y cada uno de los elementos del perfil del estudiante y la mejor manera de implementar este modelo en las plataformas es a través de la IA.

3.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La aceptación de las tecnologías en la sociedad se encuentra en un proceso de maduración, en la educación requiere de estándares informáticos que permita a los usuarios generar comunidades de estudio adaptativas y tratar de llegar a un acercamiento personal, con el fin de redefinir las normas y especificaciones que han de servir como núcleo del acoplamiento y funcionamiento de diferentes componentes y agentes para lograr este fin a través de la IA.

La IA es una de las ramas de las ciencias de la computación que más interés ha despertado en la actualidad, debido a su enorme campo de aplicación como ya se ha mencionado. La búsqueda de mecanismos que ayuden a comprender la inteligencia y realizar modelos y simulaciones de estos (Ponce, 2014).

Desde su origen, la IA tuvo que lidiar con el conflicto de que no existía una definición clara y única de inteligencia; así es que no es de sorprender que aún en la actualidad, no exista una definición única de ella. Así como la Psicología ha identificado diferentes tipos de inteligencia humana (emocional, interpersonal, musical, lingüística, quinestésica, espacial, etc.), las distintas definiciones de la IA hacen énfasis en diferentes aspectos; aunque existen similitudes entre ellas. A continuación, se presentan algunas de las definiciones que encontró el autor Ponce (2014) y que son iniciales de esta área:

- Estudio de la computación que observa que una máquina sea capaz de percibir, razonar y actuar por Winston en 1992.
- Ciencia de la obtención de máquinas que logren hacer cosas que requerirían inteligencia si las hiciesen los humanos por Minsky en el año de 1968.
- Nuevo esfuerzo excitante que logre que la computadora piense. máquinas con mentes, en el sentido completo y literal por Haugeland en el año de 1985.
- Rama de la ciencia computacional preocupada por la automatización de la conducta inteligente por Luger and Stubblefield en el año de 1993.
- Máquina Inteligente es la que realiza el proceso de analizar, organizar, y convertir los datos en conocimiento, donde el conocimiento del sistema es información estructurada adquirida y aplicada para reducir la ignorancia o la incertidumbre sobre una tarea específica, Pajares y Santos en el año de 2006.

Originalmente la IA se construyó en base a conocimientos y teorías existentes en otras áreas del conocimiento. Algunas de las principales fuentes de inspiración y conocimientos que nutrieron a esta área son las ciencias de la computación, la filosofía, la lingüística, las matemáticas y la psicología. Cada una de estas ciencias contribuyó no solamente con los conocimientos desarrollados en ellas, sino con sus

herramientas y experiencias también; contribuyendo así a la gestación y desarrollo de esta nueva área del conocimiento.

Para Ponce (2014) la IA la define como la rama de las ciencias computacionales que se preocupa por la automatización de la conducta inteligente. Definición que complementa la de Rich (1994), que la definen como el estudio en el que las computadoras pueden realizar tareas que por el momento los humanos hacen mejor, solo por el momento, ya que después de entrenar estas computadoras pueden desarrollar una gran habilidad para poder realizar estas tareas de una manera eficiente, rápida y precisa.

La inteligencia artificial trabaja en ordenadores con ciertos algoritmos, para visualizar mejor el cómo lo hace se retoma la definición de Arias (2011) que incorpora una rama de la IA, que dice: la inteligencia artificial distribuida (IAD) es una de las ramas de la IA, la cual estudia sistemas inteligentes formados por un conjunto de varios agentes, a lo que Ponce (2014) dice que un Agente Inteligente es capaz de percibir su entorno a través de sensores y actuar sobre él.

No obstante, para el desarrollo de plataformas adaptativas existen muchas razones para utilizar una metodología de programación orientada a agentes. Los agentes tienen su campo de cultivo en la IAD como ya se han dado sus definiciones, la IA trata de resolver de manera distribuida sus problemas, aprovechando así las ventajas propias de la programación distribuida: robustez, paralelismo y escalabilidad. A lo que un sistema multi agente lo define Wookridge (2001) como la interacción que tienen múltiples agentes en la resolución de una tarea en particular o en un entorno, dado que interactúan juntos crean un sistema el cual tiene la facultad de comportarse de manera flexible.

Se entiende que la inteligencia artificial aplicada a la plataforma de aprendizaje permitirá desde el primer momento saber si un alumno está dispuesto o indisposto a estudiar respecto al tema que estará por adentrarse, la IA tendrá que realizar el rol de un tutor que está analizando el comportamiento de sus alumnos, parecido a algo similar al test de Turing donde una máquina o computadora puede comportarse de manera inteligente, de tal manera que si un número alto de hombres y mujeres interactuara con ella de manera remota, no podría diferenciar entre una máquina y una persona, ver Ilustración 8.



Ilustración 8. Test de Turing

Fuente: Elaboración propia utilizando imágenes de acceso abierto (2020)

Las soluciones que se aportan a las tareas que realizan mejor los humanos, suponen muchas veces un compromiso entre parecer que se comporta de manera inteligente al realizar los procesos mentales que efectúan los humanos, pensar y ejecutar a partir de lo que se dice ser la mejor opción, de esta forma siempre se estará analizando al usuario, desde el momento que ingresa a la plataforma como al terminar su experiencia dentro de ella, el análisis de uno, servirá para complementar un análisis de todos.

La presente investigación pretende integrar la IA, al aplicarla en un módulo que permita analizar expresiones faciales en alumnos que interactúen en una plataforma de aprendizaje y brindar múltiples opciones partiendo de la tecnología de reconocimiento de imágenes del rostro del usuario, la función de la IA es que pueda detectar e inferir si una persona tiene la disposición de aprender en la plataforma, una vez que se encuentra interactuando analizar sus diferentes expresiones, así inferir a su vez si el tema tal y como se encuentra es comprensible o si el tema le resulta complicado al momento de asimilar la información, este proceso permitirá complementar el perfil del estudiante.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En este apartado de recolección documental conceptual se presenta con el propósito de mostrar la clasificación y tipología que existe de la inteligencia artificial a fin de revelar el abanico que existe y precisar dentro de estas el lugar que ocupa la presente investigación.

3.4.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL DÉBIL

Desde la concepción de la inteligencia artificial, el sentido ético acerca de esta ciencia ha generado polémica, para lo cual el Tecnológico de Costa Rica (TEC, 2018) aborda la IA desde un ángulo al que algunos críticos de han llamado inteligencia artificial débil o precavida, el cual propone que toda la infraestructura de la IA, entiéndase como grandes servidores, computadores, algoritmos sofisticados y complejos no reemplacen la mente humana, sino que toda esta infraestructura sirva para desarrollar aún más la mente y la conciencia humana, admite el tecnológico que existen muchos investigadores que se sienten cómodos pensando que trabajan bajo este ángulo de la IA y son felices.

Una definición que a afirma lo anterior es la de López (2018) en la cual el autor define que la inteligencia artificial débil es la generación de programación básica y especializada para un asunto en específico, dejando abierta la posibilidad de que la IA puede realizar la tarea mejor que como las realizaría una persona ordinaria, esto puede probarse en la resolución de fórmulas lógicas complejas, con muchas variables y procesos, la inteligencia artificial débil puede hacerlo solo hasta llegar a los límites que ha sido creada. Tal como lo afirma Alfonseca (2014) que la inteligencia artificial débil la podría alcanzar una computadora que pasara satisfactoria mente las prueba que propuso Alan Turing.

Ejemplo de la inteligencia artificial débil:

- Automóviles que aprender a conducir como los de Tesla, ya existen.
- Reconocer su rostro en su oficina bancaria más cercana para ayudarle con una experiencia personal ver Ilustración 9.
- Se puede preguntar al celular sobre el tiempo y esperar predicciones precisas.

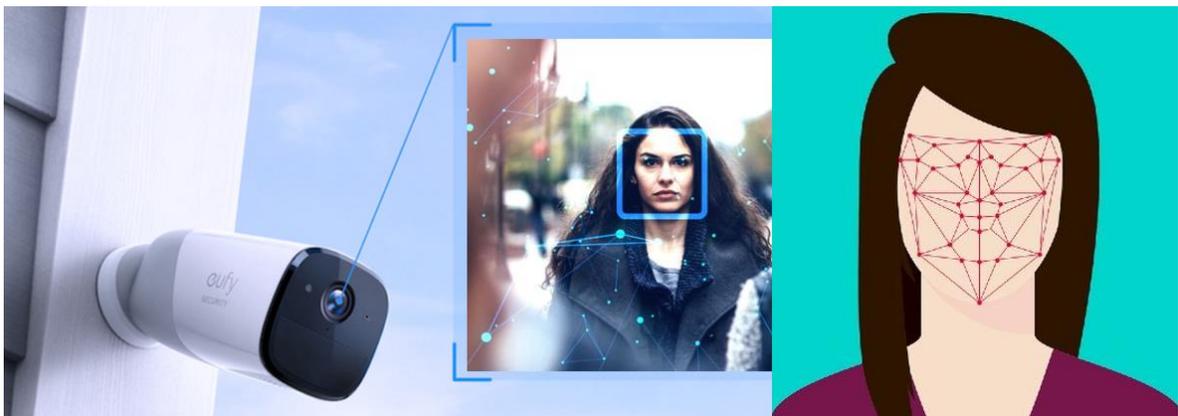


Ilustración 9. Identificación de usuarios con IA

Fuente: Elaboración propia utilizando imágenes de acceso abierto (2020)

3.4.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL FUERTE

La inteligencia artificial fuerte sobre pasaría todas las expectativas, ya que solo en un inicio según el autor López (2018) el software y hardware solo se programaría en un inicio, ya que después de eso ya no solo simularía ser una mente, sino, que por sí sola sería una mente, por lo que obviamente tendría la capacidad de pensar, aunque en su artículo pretende demostrar que la inteligencia artificial fuerte sería algo imposible según lo muestra la Ilustración 10.

La inteligencia artificial fuerte en un principio se consideró prácticamente imposible, al menos eso es lo que sustenta el autor Dreyfus (1965) en la cual hace la similitud a aquellos alquimistas queriendo convertir el plomo en oro, viendo desde ese entonces como un objetivo inalcanzable, lo mencionaba por el simple hecho de que mientras el cerebro humano procesa la información de manera global y en términos de muchos factores que por medio de la experiencia se llega a ese estado de asimilación, mientras que para las computadoras solo se limitan a realizar un conjunto finito y discreto de operaciones, aplicando reglas de un conjunto finito de datos.

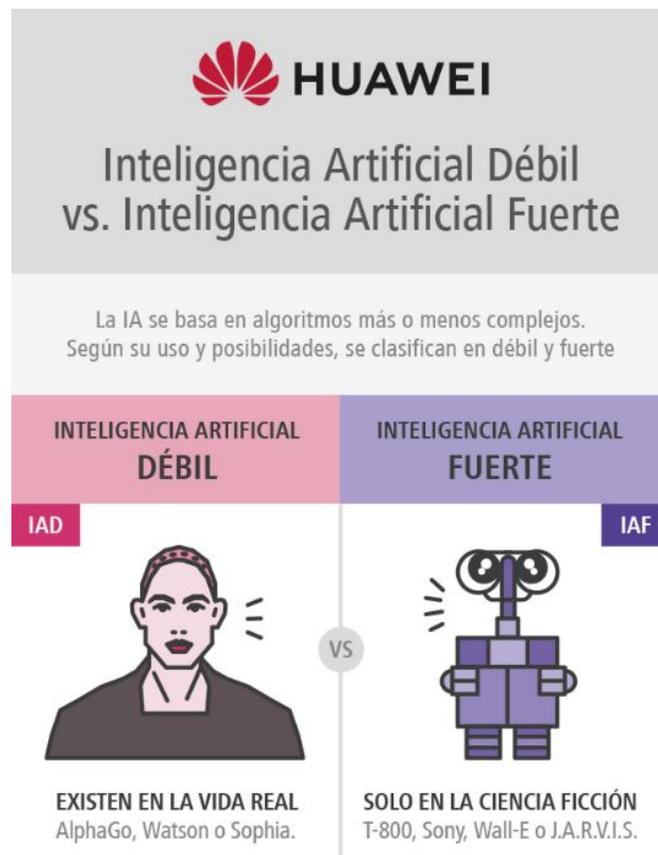


Ilustración 10. IA débil y fuerte

Fuente: (SERVICES, 2020)

Para Ferrer (2017) en la entrevista que le realizo a Ramon López de M., este comentaba que distinción entre inteligencia artificial fuerte e inteligencia artificial débil lo introdujo el filósofo John Searle, en su artículo polémico sobre la IA publicado en 1980, en el cual relaciona la inteligencia artificial fuerte con la hipótesis del sistema de símbolos fijos, ponencia motivo de recepción del premio Turing de 1975, la cual plantea que todo sistema de símbolos físicos posee los medios necesarios y suficientes para llevar a cabo acciones inteligentes. Los seres humanos son capaces de mostrar conductas inteligentes en el sentido general, entonces, de acuerdo con la hipótesis, las personas son también sistemas de símbolos físicos capaces de formar estructuras grandes y complejas como las redes neuronales, con átomos que se combinan formando moléculas en términos de un substrato físico biológico.

En el caso de los ordenadores los circuitos electrónicos forman su substrato físico electrónico, en definitiva y de acuerdo con la hipótesis carece de importancia siempre y cuando dicho substrato permita procesar símbolos, en el contexto de los ordenadores digitales, es decir verificar si un ordenador convenientemente programado es capaz o no de tener conducta inteligente de tipo general, cabe señalar que la conducta inteligente dependerá al igual que la conducta humana de los cuerpos en las que están situadas.

Para 1992, Dreyfus fue uno de los primeros por abogar que la IA necesitaría de un cuerpo que interactúe con el mundo, partiendo de la idea de que el ser humano está situado en un entorno y de esa manera pretende interactuar con el mundo que lo rodea, ya que para poder alcanzar el estado de inteligencia artificial fuerte, se tendría que enfatizar en la fenomenología de Heidegger que lo importante del cuerpo son sus necesidades, deseos, placeres, penas, formas de moverse, de actuar, entre otras más. Por lo que el autor Dreyfus (1965) no niega completamente la posibilidad de llegar a este estado, es solo que no es posible con los métodos clásicos de la IA contemporánea.

3.4.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERAL

La inteligencia general según López (2018) menciona que la inteligencia artificial general debería ser similar a la humana, ya que la inteligencia de los seres humanos es de tipo general, por lo que esta ciencia es en el campo científico la encargada de verificar si una computadora es capaz de tener o no una conducta inteligente, ejemplificando la definición que se proporciona de parte del autor, hace referencia a una situación de un juego de ajedrez y un juego de damas chinas, mientras que para una persona puede aprovechar los conocimientos de un juego al otro, por otro lado la IA muestra comportamiento inteligente en un ámbito muy específico.

Durante los últimos años de desarrollo de la IA, los logros que ha alcanzado sobre la inteligencia artificial especializada, logros que han sido relevantes en la última década de trabajo, esto gracias a dos factores que han sido fundamentales para dar este gran desarrollo, primeramente la disponibilidad de enormes

cantidades de datos, y la enorme capacidad de poder procesar esa información, pero sostiene el autor que aun con estos avances sorprendentes no se ha avanzado para lograr la inteligencia artificial general, por lo que afirma el autor que para poder avanzar a este tipo de inteligencia es necesario poder dotar el sentido común en la computadoras. El sentido común es el requisito indispensable para poder avanzar y conseguir la similitud a la inteligencia humana, pero esos conocimientos son adquiridos por medio de las vivencias y experiencias obtenidas a lo largo de una vida, por lo que no es posible una comprensión profunda del lenguaje ni de una interpretación de imágenes que proporciona un sistema de percepción visual, llegar a este nivel requiere de la integración de múltiples áreas de la IA.

Por lo que no solo se requiere de desarrollar hardware más sofisticado, sino que además al software que ya se cuenta generar nuevos algoritmos que permitan responder de forma robusta y eficiente estas representaciones, de esta manera dar respuesta a cualquier pregunta prácticamente sobre cualquier tema. Contrario a la capacidad limitada que tiene un ser humano por su condición biológica, este tipo de IA, debería ser capaz de aprender nuevos conocimientos de manera continua a lo largo de toda su existencia, López (2018) menciona que el desarrollo debe centrarse en el diseño de sistemas que integren percepción, representación, razonamiento, acción y aprendizaje, solo de esta manera se podrá empezar a construir Inteligencia Artificial general.

3.5 TIPOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Esta rama de la computación buscar traspasar la frontera con la IA y lograr el auto aprendizaje por medio de una máquina o un robot que pueda realizarlo, se dice que el proceso de aprendizaje debería ser el mismo que el de un humano, por tal razón el ser humano sigue en el intento de crear esta máquina, de las cuales existen múltiples categorías para como clasificar la IA, las que van desde su aspecto, su funcionamiento o sus características, por ejemplo; por estructura, por tipo de memoria, por tecnología, respecto a la finalidad, entre otras muchas clasificaciones más. Pero para cuestión de la investigación se clasificarán además en términos de su capacidad intelectual las cuales son cuatro y se describen a continuación.

3.5.1 MÁQUINAS REACTIVAS

Las máquinas que se conocen y que pueden resolver algún tipo de problema en su mayoría se encuentran cargadas de software de inteligencia artificial, las cuales solo se encuentran programadas para resolver una tarea en específico. Es decir, son máquinas que han sido creadas para resolver un solo propósito o realizar una sola tarea, por simple que sea o muy sencilla que parezca solo pueden reaccionar ante esa situación. Estas máquinas por lo general solo resuelven una tarea repetitiva,

por larga o corta que parezca, solo podrán interactuar y realizar los mismos pasos una y otra vez para lograr su cometido (Brianza, 2019).

Las máquinas reactivas son las más simples, lo más básico en sistemas de IA, Solo pueden reaccionar en situaciones existentes en la actualidad, poseen herramientas necesarias para reconocer su entorno, dentro de sus características se muestran las siguientes:

- Funcionan por reacción a estímulos para los cuales han sido programados.
- Siguen instrucciones, reglas y normas establecidas previamente.
- No tienen la capacidad de generar recuerdos.
- Tienen la capacidad de decisión rápida obedeciendo las instrucciones.
- No tienen la capacidad de aprender.
- Diseñados para resolver un problema específico.
- No posee ningún signo de conciencia, sentimiento o emoción.

La referencia a este tipo de máquina se hace al dispositivo que desarrollo IBM la conocida Deep Blue que es una máquina diseñada para jugar ajedrez, diseñada para conocer las piezas del juego, así como sus alcances de sus movimientos y las reglas del juego, fue esta máquina quien logro ganarle al entonces campeón Garry Kasparov, sin saber realmente lo que la máquina había hecho con ese movimiento y lo que significaría para el mundo entero.

Son entonces máquinas que son de mucha utilidad para aquello para lo que fueron creadas, según el autor Brianza (2019) dice que es eso precisamente lo que las hace estables y confiables, al elegir de entre un número de opciones la mejor, con alta probabilidad de éxito. La investigación que se realiza, si estuviera en una categoría sería esta, esto en base a las características de la investigación, dado el diseño del algoritmo, emanado de un conjunto de reglas definidas y finitas con el propósito de resolver una tarea en específico tomando en cuenta su entorno, que para el caso es la de identificar expresiones faciales y reaccionar a ellas, no guarda sus experiencias en el tiempo, pero por medio del entrenamiento de la inteligencia artificial puede generar recuerdos, la capacidad de aprender de una rutina constante de reacción a estímulos a los que la inteligencia artificial reaccionara para poder mejorar un ambiente de estudio personalizado respecto al perfil del estudiante. Es claro que para la investigación no es necesario poseer ningún signo de conciencia, sentimiento o emoción.

3.5.2 MEMORIA LIMITADA

Retomando la información anterior y a diferencia de ella, las máquinas de memoria limitada poseen la capacidad de una memoria a corto plazo, de volver al pasado, esta mejora les permite resolver problemas que requieren de un análisis de más variables de su entorno, monitorearlas y analizarlas para tomar decisiones más acertadas.

El motivo por el cual se llaman de memoria limitada es porque derivan el conocimiento de información previamente aprendida, datos almacenados o eventos, es decir la memoria imitada aprende del pasado o de los datos que son proporcionados para construir el conocimiento experiencial, aunque este tipo de máquinas de IA se basa en datos de acciones y en datos pre programados en un abanico de respuestas posibles a los problemas que afronten.

De entre sus principales características se encuentran:

- Tienen una memoria a corto plazo que les permite actuar adecuadamente.
- No guardan sus experiencias en el tiempo.
- No implica un proceso de aprendizaje completo.
- Procesan los datos de entrada recibidas mediante dispositivos.
- Actúan según el entorno que se está presentando tomando en cuenta las variables necesarias para llevar a cabo su tarea.

La aplicación de este tipo de máquinas se puede encontrar a la fecha del día de hoy en automóviles autónomos como los de Tesla, con la capacidad de poder por medio de dispositivos medir y procesar la velocidad de otros carros, siendo por medio de estos que la memoria a corto plazo actúa y le permite actuar para llevar a cabo su tarea, aunque no precisamente sea para la que fue realizada.

Brianza (2019) además de lo antes mencionado comenta que es una buena combinación con machine learning, un método estadístico que implica específicamente la capacidad de aprender o adaptarse progresivamente incorporando variables como el ánimo del usuario. Es hasta aquí donde lo creado hasta el momento funciona, llegando al primer peldaño, llegando a la inteligencia artificial débil.

La investigación podría en un futuro continuar y poder llegar a este nuevo limite, complementar los estudios y proponer aún más dispositivos que puedan generar más elementos de entradas y de análisis como; el análisis a las diferentes variaciones de modulación de voz, la dilatación en las pupilas de los ojos, capacidad de concentración, entre otros muchos factores más que aún no están contemplados, recordando lo que el usuario ha realizado y no lo ha llevado a cabo de manera exitosa y realizar el acompañamiento a modificar el proceso de aprendizaje de una manera directa y con interacción entre la IA y alumno tal y como lo podría realizar un profesor o docente de manera presencial.

3.5.3 TEORÍAS DE LA MENTE

Las teorías de la mente según un estudio psicológico implican la comprensión de esas personas, criaturas y los objetos en el mundo pueden tener pensamientos y emociones que afectan a su propio comportamiento. Esto es crucial para la forma en que los humanos forman sociedades, porque permite la interacción social. el estudio y la conciencia de este fenómeno se conocen como teoría de la mente, esta

es la principal característica que diferencia a las máquinas que se han construido hasta ahora de las que se desarrollarán en el futuro.

Se prevé que este tipo de IA no sólo contará con una concepción propia del mundo en general, sino de entidades precisas dentro de éste, como las emociones y las ideas de las que se han hablado con anterioridad. Si las máquinas van a andar entre las sociedades, deberán tener una comprensión sobre cómo pensar y cómo sentir. Además deberán llegar a saber qué se espera y cómo se desea el trato. Tendrán que ajustar su comportamiento en consecuencia. Estas máquinas en teoría deberían ser capaces de adquirir conocimientos a partir de sus propias experiencias, guardarlas en el tiempo para reaccionar frente a futuras situaciones similares o diferentes que se presente frente a ellos, analizar la situación, decidir y actuar lo más correctamente posible según sus conocimientos como lo menciona Brianza (2019). Prácticamente tiene conocimiento e idea del mundo que los rodea, esto incluye las emociones y sentimientos frente a los cuales pueden actuar de una u otra manera.

La teoría de la mente es una forma muy avanzada de IA propuesta que requeriría que las máquinas reconozcan a fondo los rápidos cambios en los patrones emocionales y de comportamiento en los seres humanos, y también entiendan que el comportamiento humano es fluido, por lo tanto, la teoría de las máquinas mentales tendría que ser capaz de aprender rápidamente en un momento dado.

Este tipo de IA está en desarrollo y posiblemente pronto se pueda disfrutar de sus aplicaciones. Aunque lo más cercano a esta tecnología son dos ejemplos claros son los robots Kismet y Sophia, creados en 2000 y 2016, respectivamente. Mientras que Kismet, era capaz de reconocer las señales faciales humanas, emociones, y podía replicar emociones con su rostro, que estaba estructurado con rasgos faciales humanos: ojos, labios, orejas, cejas y párpados. Por otro lado, se encuentra el robot Sophia, más bien considerado un robot humanoide. Lo que la distingue de los robots anteriores es su parecido físico con un ser humano, así como su capacidad para ver, reconocimiento de imágenes, y responder a las interacciones con expresiones faciales apropiadas.

Aunque estos dos robots similares a los humanos son muestras del movimiento hacia una teoría completa de los sistemas de IA de la teoría de la mente que se materializarán en un futuro cercano. Aunque en realidad ninguno de los dos tiene la capacidad de tener una conversación humana completa con una persona real, ambos robots tienen aspectos de capacidad emotiva similares a los de sus contrapartes humanas, un paso hacia la asimilación sin problemas en la sociedad humana. Es aquí donde entre lo hecho y lo no creado abre la brecha entrando a los terrenos de la inteligencia artificial fuerte con las teorías de la mente, cerca pero un no lo suficiente para entrar a esta categoría. La investigación planteada tiene como objetivo que a través del entrenamiento de la IA pueda tener la capacidad de generar un modelo, para que a partir de este pueda tomar decisiones, pero este nivel de IA supera por mucho la motivación de este producto, por lo que no podría pertenecer a esta clasificación, ni para productos en el futuro.

3.5.4 AUTOCONSCIENTE

Esta clasificación de IA hace referencia a aquellas máquinas que poseen conciencia propia; es decir tienen la capacidad de identificarse y verse a sí mismos, son conscientes de lo que están haciendo y analizar además las causas y consecuencias de sus actos; prácticamente máquinas humanizadas capaces de detectar emociones y sentimientos y actuar frente a ellos.

Esta es la última instancia, el último de los peldaños de esta clasificación, los investigadores y desarrolladores de la IA tendrán que comprender no solo la conciencia, sino también construir máquinas que la tengan como lo menciona Brianza (2019). Los seres conscientes son conscientes de sí mismos, conocen sus estados internos y pueden predecir los sentimientos de los demás, y eso se logra en base a experiencias del pasado, asimilación y aprendizaje. Es probable estar lejos de crear máquinas que sean conscientes de sí mismas. Sin embargo, los esfuerzos se enfocan hacia la comprensión de la memoria, el aprendizaje y la capacidad de basar las decisiones en experiencias pasadas.

Sin embargo, este tipo de inteligencia está bastante lejos de ser alcanzada o quizá imposible de ser alcanzada; por ahora no existen máquinas que sean capaces de ser totalmente conscientes de su entorno y de sí mismo, teniendo mucho que hacer aun por delante en temas como modelos de aprendizaje, pensamiento y memoria en máquinas y aun así ¿Será posible que puedan ser desarrolladas?

Como se ha mencionado, no existe un solo ejemplo de máquinas conscientes dotadas con IA de conciencia propia por el momento; sin embargo, es posible que hayas oído el caso de máquinas o robots que de alguna manera muestran signos de conciencia, sentimientos y emociones que solo pueden interpretarse en películas de ciencia ficción; pero se debe aclarar que no lo hacen por ser conscientes, sino que están programadas para ello, es decir están instruidos para realizar una acción, pero en el fondo no poseen conciencia.

3.6 RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES

Los campos de aplicación de la IA están dando lugar a los últimos tiempos a nuevas herramientas o mejora de las ya existentes, para el caso en particular de la investigación se profundizará en el reconocimiento de imágenes, siendo parte del desarrollo de nuevas técnicas de aprendizaje profundo, por las que hoy en día se tienen ya al alcance de la mano sistemas más precisos, talvez que los propios seres humanos, en las tareas de clasificación y detección de imágenes.

En la actualidad el sector privado y empresarial está invirtiendo en el desarrollo de esta tecnología, ya que puede proporcionarle muchos beneficios en términos de mercadotecnia y consumo, al estudiar al comprador o usuario, conocer patrones de conducta que propicien un mayor consumo.

Además del caso mencionado, existen muchos más, solo por mencionar algunos ejemplos del autor Zaforas (2020) en las industrias y sectores:

- Etiquetado: con la finalidad de extraer tags o keywords asociados a imágenes, para poder clasificar o buscar posteriormente. Múltiples aplicaciones en sector turismo o retail, como una promesa de retorno.
- Validación de usuarios basada en rostro: seguridad, autenticación, identificación en tiendas físicas, control en seguridad empresarial o personal, múltiples aplicaciones incluidas en smartphones.
- Análisis de opinión: detección del sentimiento o la experiencia de compra en tiendas físicas, cualquier gesto es importante para conocer la tendencia de compra de algún producto.
- Análisis de clientes: conocer mejor al usuario a través de la detección de logos o texto en los productos que consume, formar un perfil del usuario, para futuras ocasiones presentarle información similar.
- Diagnóstico de enfermedades: diagnóstico por imagen en base a comparación con diagnósticos previos. Retinopatías, diabetes, imagen médica, para lograr una mayor precisión se requiere de entrenar la inteligencia artificial con innumerables casos similares y lograr que el margen se reduzca e incrementado la certeza al momento de tomar una decisión.
- Realidad aumentada: tecnología aplicada principalmente en gaming, catálogo virtual, interacción avanzada con el medio, una tecnología apenas en apogeo con muchas oportunidades de crecimiento aún.
- Detección de matrículas: seguridad, segmentación, identificación.

La comunicación extraverbal se puede expresar por medio de emociones, mismas que se reflejan a través de expresiones faciales, para poder comprenderlas y saber identificarlas, por lo que hay que conocer su origen, de las cuales su fundamento se encuentra en la psicología, tema en el que no se profundizará, pero a través de investigaciones ya realizadas, como la de Pérez (1999) en su investigación titulada “El reconocimiento de la expresión facial de las emociones. Salud Mental” de la cual se tomarán los resultados obtenidos dándolos por verdaderos y validados.

Las emociones básicas según Ekman (1981) a través de diferentes métodos y técnicas, como la medición muscular del rostro, medición de la acción visible, pues el autor define que una expresión facial es la manifestación de indicadores musculares específicos y distintos para cada tipo de emoción básica. Formulada en base a teoría, base inductiva y base anatómica, en su búsqueda por la exactitud de los datos obtenidos, observados y cuestiones sin formular, busca en una retroalimentación facial encontrando el control neural y correlatos autónomos de la expresión facial psicofisiológicos entre la cara y el cerebro. En las que afirma que solo existen evidencia clara de universalidad en las expresiones de: alegría, ira, desagrado, tristeza y la mezcla entre el miedo/sorpresa.

En base a lo anterior y realizando un cruce de información con los objetivos de la investigación, se requiere del reconocimiento de imágenes de todas las clasificaciones propuestas por Ekman; primeramente retomando el análisis de opinión y la validación de usuarios, la primera es fundamental ya que para obtener un producto nuevo que se acople a los objetivos se requiere de la detección de expresiones que el alumno pueda tener de manera natural, de tales imágenes la IA debe tener ya un entrenamiento, para que el algoritmo pueda brindar ayuda en un nivel de certeza óptimo, al mismo tiempo se requiere de estar constantemente validando las expresiones del rostro del alumno y estar seguros de su autenticación al momento de estar interactuando en la plataforma de estudio.

Para el caso de las técnicas del reconocimiento de imágenes la mejor alternativa es apoyarse de modelos ya pre entrenados que algunas plataformas como Amazon, Google y Microsoft, ya ofrecen servicios como los que describe el autor Zaforas (2020) en la Tabla 7, con el propósito de agilizar la propuesta de desarrollo del algoritmo, focalizando los esfuerzos en estructurar los diferentes perfiles que puedan modelar para los diferentes alumnos.

Tabla 7. Variables asociadas a lo tecnológico.

Funcionalidad	Aws rekognition	Google Vision API	Cloud	Azure Version API	Computer
Etiquetado de imágenes (objetos y escenas)	Si	Si			Si
Detección de capas	Si	Si			Si
Reconocimiento de rasgos faciales	Si	Si			Si
Reconocimiento de sentimiento	Si	Si			Si
OCR	No	Si			Si
Detección de logos y marcas	No	Si			No
Detección de contenido inapropiado	Si	Si			Si
Comparación de caras	Si	No			Si
Búsqueda de caras	Si	No			No
Reconocimiento de celebridades	Si	No			Si
Análisis de video	No	Si			Si

Fuente: (Zaforas, 2020)

El que se ajusta mejor respecto a sus elementos transversales a los de la investigación, además de que proporciona hasta las 5,000 imágenes al mes, más el servicio basado en el aprendizaje profundo, es el modelo de Amazon Rekognition, los beneficios que brinda son suficientes, es idóneo para generar un modelo similar y poder incorporarlos al algoritmo con una tecnología de uso libre y poder lograr los objetivos trazados en la investigación.

Sin duda alguna en la actualidad la precisión de los resultados que proporciona esta aplicación son los mejores que pueden encontrarse en esta categoría, además de la escala que proporciona que va de 0 a 100 en cada uno de los ítems, para poder reconocer en un rostro caracteres especiales como; rasgos del rostro, reconoce si es hombre o mujer, el rango de edad, su sonrisa, identifica las emociones, si está utilizando lentes, si los ojos están abiertos, si tiene barba, bigote, tiene ojos pintados o los labios pintados, si la boca está abierta o cerrada, entre un número mayor de opciones, pero suficientes las ya mencionadas para cuestiones de uso en el tema.

Para Vargas (2016) afirma que los estados emocionales afectan la dirección del pensamiento, al existir la posibilidad de identificar estos estados de ánimo por medio de una expresión facial, esto podría facilitar el cambio de actitud, en la investigación es presentar una orientación al alumno a través de la ayuda para ajustar su interfaz respecto al perfil reconocido y mejorar la calidad del aprendizaje en futuras ocasiones.

La manera en cómo se realiza el reconocimiento de imágenes en Amazon (2019) es a través de dos métodos, el primero simplemente el reconocimiento, se realiza por medio del análisis de una imagen, mientras que por el segundo es al analizar videos, de tal manera que la información obtenida pueden posteriormente utilizarla, para fines de esta investigación se profundizará sobre el funcionamiento que tiene en ambos casos.

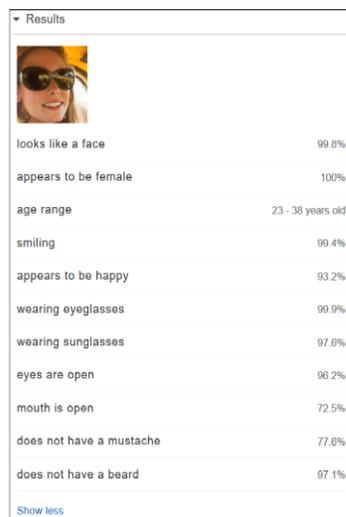
Amazon rekognition su programación está diseñada para reconocer objetos del mundo real o rostros, los almacena para en un futuro poder realizar consulta sobre ellos, por mencionar un ejemplo poder realizar una consulta sobre personas determinando el sexo y la edad. Una de sus modalidades un tanto definida es el reconocimiento de celebridades, que además de reconocer al famoso, si la imagen lo permite puede extraer información adicional como situarlo en un lugar en un momento definido, eso lo realiza por medio de un análisis dedicado a partir de: etiquetas, etiquetas personalizadas, rostros, búsqueda de rostros, recorrido de las personas, famosos, detección de textos y de contenido no seguro.

Las etiquetas actúan sobre objetos (por ejemplo: flor, árbol, mesa), eventos (por ejemplo: Boda, graduación), conceptos (por ejemplo: un paisaje, un atardecer) y actividades (por ejemplo: salir de un vehículo), dejando esta última solo aplicable para videos. Para el caso de etiquetas personalizadas utiliza los típicos que el usuario allá especificado (por ejemplo, logotipo, maquinaria), además de lo anterior permite este módulo un apartado en consola para crear, entrenar, evaluar y ejecutar un modelo de aprendizaje automático.

Rostros, tema medular en la investigación, Amazon puede detectar rostros en una imagen o video y obtener información de referencias faciales como la posición de los ojos, las emociones, comparar rostros detectados de otra imagen, los almacena para posteriormente poder utilizar esa información. Lo que lleva a la búsqueda de rostros, en donde el proceso comienza en indexar los datos a un contenedor conocido como colección, la información de rostros en la colección puede corresponderse con rostros detectados almacenados en imágenes, videos almacenados y videos en streaming. Para obtener la información, existen módulos diseñados específicamente para procesar y extraer la información útil al usuario.

Prácticamente el proceso que realiza lo divide en dos operaciones que se agrupan en las siguientes categorías. Operaciones de API sin almacenamiento: en estas operaciones, Amazon Rekognition no guarda ninguna información. Usted proporciona las imágenes y videos de entrada, la operación realiza el análisis y devuelve los resultados, pero no se guarda nada en Amazon Rekognition. Y Operaciones de API basadas en almacenamiento en donde los servidores de Amazon Rekognition pueden almacenar información facial detectada en contenedores conocidos como colecciones en un bucket de Amazon S3.

Uno de los puntos sobresalientes es que Amazon Rekognition devuelve también una puntuación de confianza para cada objeto detectado en la imagen, eso le brinda una certeza al momento de realizar etiquetas y poder mostrar la información al momento de presentarla. ¿Qué y cómo analiza los rostros Amazon Rekognition? Pues bien, para poder detectar los rostros y atributos faciales en una imagen se requiere de la consola, que es en donde se configura, una vez terminada la configuración se ingresa una imagen, su servicio detecta los parámetros configurados y devuelve en cada uno de ellos una puntuación de confianza en forma de porcentaje, como muestra se presentan en la Ilustración 11.



Results	
	
looks like a face	99.8%
appears to be female	100%
age range	23 - 38 years old
smiling	99.4%
appears to be happy	93.2%
wearing eyeglasses	99.9%
wearing sunglasses	97.6%
eyes are open	96.2%
mouth is open	72.5%
does not have a mustache	77.6%
does not have a beard	97.1%
Show less	

Ilustración 11. Imagen analizada con Amazon Rekognition

Fuente: (Amazon, 2019)

Si hay varios rostros en la imagen de entrada, Rekognition detecta hasta 100 rostros en la imagen. Cada rostro detectado se marca con un cuadrado. Al hacer clic en el área marcada con un cuadrado en un rostro, Rekognition muestra la puntuación de confianza de ese rostro y sus atributos detectados en el panel Rostros | Confianza.

Esta sección muestra cómo utilizar la consola de Amazon Rekognition para comparar rostros en un conjunto de imágenes que contienen varios rostros. Cuando se especifica una imagen Rostro de referencia origen y una imagen Rostros de comparación destino, Rekognition compara el rostro de mayor tamaño de la imagen de origen, es decir, el rostro de referencia con hasta 100 rostros detectados en la imagen de destino, es decir, los rostros de comparación y determina la similitud del rostro de la imagen de origen con los rostros de la imagen de destino. La puntuación de similitud de cada comparación se muestra en el panel Results. Si la imagen de destino contiene varios rostros, Rekognition compara el rostro de la imagen de origen con hasta 100 rostros detectados en la imagen de destino y asigna una puntuación de similitud a cada comparación como se muestra en la Ilustración 12.

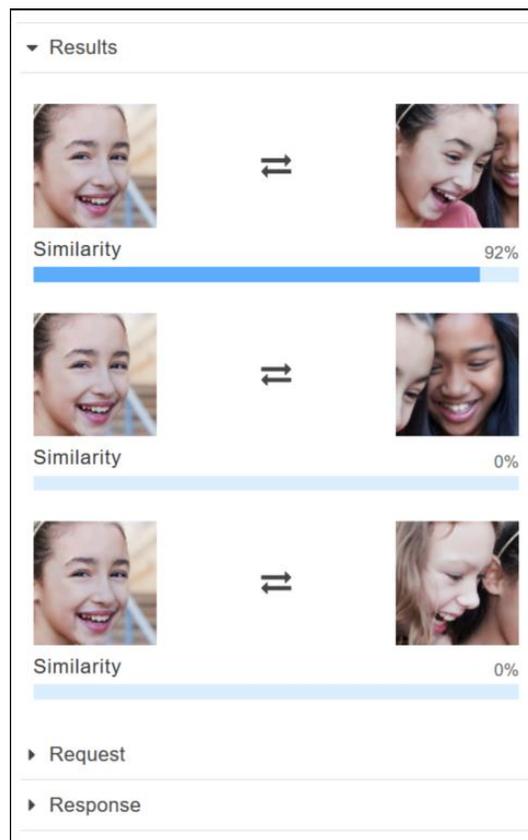


Ilustración 12. Comparación de rostros con Amazon Rekognition

Fuente: (Amazon, 2019)

Si la imagen de origen contiene varios rostros, el servicio detecta el rostro más grande en la imagen de origen y lo usa para compararlo con cada rostro detectado en la imagen de destino

La tecnología de última generación que se puede encontrar disponible hoy en día como técnicas de Machine Learning o Deep Learning, incorporadas a la Inteligencia artificial, brindan una buena alternativa de servicio. Sin duda esto es una ventaja al contemplar todos estos ítems para ser analizados en el algoritmo y puedan proporcionar información suficiente para poder estructurar a partir del perfil del estudiante un ambiente de aprendizaje a la medida del alumno.

4 METODOLOGÍA

Uno de los retos de todo desarrollador es buscar la metodología que se ajuste y que resulte la apropiada desde el momento de la planeación del software, camino que solo podrá ser recorrido a través de la búsqueda de la estructuración de lo que el Cliente necesita que le resuelvan, la demanda de requerimientos del software y la delimitación del producto final.

Llegar a la conceptualización de lo que el cliente requiere, es un paso que estará marcado por la metodología que se elija, lo que significa que de los problemas más importantes a los que se enfrentan los desarrolladores de software al dirigir un proyecto en cada una de las etapas, es la falta de marcos teóricos comunes, que puedan ser usados por todas las personas que participan en el desarrollo del proyecto informático para aplicaciones generales (Cataldi, 2010).

De las metodologías de la investigación que ayudarán a elaborar, definir y sistematizar con el conjunto de métodos y técnicas durante el desarrollo y proceso de investigación serán:

4.1 INVESTIGACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

Aplicada de manera transversal, mientras que por un lado la investigación cualitativa nos proporcionara la información suficiente a través del análisis de expresiones faciales, almacenadas en una base de datos que procesará la inteligencia artificial y es entonces que se obtienen datos estructurados con los que se trabajara en la investigación cuantitativa para recurrir a obtener promedios, patrones, cambios, similitudes en entre muchos datos más. Al utilizar ambas investigaciones a su vez se implementarán sus metodologías apropiadas para su óptimo desarrollo, entra las cuales se encuentran de parte de la investigación cualitativa: el método hipotético deductivo, monográfico, estadístico mientras que del lado de la investigación cuantitativa: el método estadístico, deductivo y experimental; cada uno con sus respectivas técnicas por mencionar: censo, registro, diagramas, la observación, documentación, entrevista.

4.2 INVESTIGACIÓN DE DISEÑO

Inevitablemente se tendrá que hacer uso para aplicar el ingenio y diseñar soluciones, el primer paso es analizar las necesidades del usuario final involucra la resolución de prototipos finales que aporten nuevos conocimientos a la disciplina. Es decir, los conocimientos adquiridos son presentados de forma visual además de escrita. Una investigación en diseño puede combinar más de una metodología entre las cuales se encuentran el método analítico, evaluativo, interpretativo, participativo, experimental, sintético analítico. Y en cada uno aplicando sus técnicas apropiadas: la observación, registro, cuestionario, encuesta, entrevista, experimental y diagramas.

4.3 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Siendo sus técnicas el cotejo e integración de información documental, de los orígenes, proceso y transformación de las plataformas de aprendizaje, todo lo cual permitió ampliar el horizonte de sentido de la investigación formativa, desde una visión más allá de una concepción instrumentalista y técnica, que implicó trascender los mecanismos de enseñanza y modelos ya establecidos que han prevalecido en la enseñanza, apropiación y aplicación de sus métodos y técnicas, recorriendo fundamentalmente a fuentes de datos en los que la información ya se encuentra registrada, aunado a este tipo de investigación aplicar el método monográfico para describir o tratar un tema en particular bajo una visión original y específica, para lo cual se requiere de un procesador de textos que servirá para estructurar la información ya sea por la técnica etnográfica, fichaje, registro o internet.

Las metodologías del software surgen como una herramienta que pretende ofrecer una alternativa a los procesos de desarrollo de software tradicionales, caracterizados por ser rígidos y dirigidos por la documentación que se genera en cada una de las actividades desarrolladas (González, 2007; Hernán, 2004) El propósito del software desarrollado es administrarlo una vez que ha sido instalado en un computador ya sea personal o dedicado. Actualmente, hay siete grandes categorías de software ver Tabla 8, productos que plantean retos continuos a los desarrolladores, aquí es donde el internet intervino para romper con la manera clásica y traer una forma revolucionaria de desarrollo, haciéndolo accesible desde cualquier parte del mundo y realizar aplicaciones que se ejecutan desde un servidor y que no es necesario instalar directamente en un computador personal.

Tabla 8. Siete grandes categorías de software.

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
Software de sistemas	Conjunto de programas escritos para dar servicio a otros programas. Determinado software de sistemas (por ejemplo, compiladores, editores y herramientas para administrar archivos)
Software de aplicación:	Programas aislados que resuelven una necesidad específica de negocios. Las aplicaciones en esta área procesan datos comerciales o técnicos en una forma que facilita las operaciones de negocios aplicaciones que se usa para controlar funciones de negocios en tiempo real
Software de ingeniería y ciencias	se ha caracterizado por algoritmos "devoradores de números". Las aplicaciones van de la astronomía a la vulcanología, del análisis de tensiones en automóviles a la dinámica orbital del transbordador espacial, y de la biología molecular a la manufactura automatizada

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
Software incrustado	se usa para implementar y controlar características y funciones para el usuario final y para el sistema en sí, Por ejemplo (funciones digitales en un automóvil, como el control del combustible, del tablero de control y de los sistemas de frenado.
Software de línea de productos	Se centra en algún mercado limitado y particular (por ejemplo, control del inventario de productos) o se dirige a mercados masivos de consumidores.
Aplicaciones web	Las web apps están evolucionando hacia ambientes de cómputo sofisticados que no sólo proveen características aisladas, funciones de cómputo y contenido para el usuario final, sino que también están integradas con bases de datos corporativas y aplicaciones de negocios.
Software de inteligencia artificial	Hace uso de algoritmos no numéricos para resolver problemas complejos que no son fáciles de tratar computacionalmente. Las aplicaciones en esta área incluyen robótica, sistemas expertos, reconocimiento de patrones (imagen y voz), redes neuronales artificiales, demostración de teoremas y juegos

Fuente: (Pressman, 1988)

Con lo antes mencionado se propone la aplicación de una metodología en el caso concreto de comunidades de aprendizaje; ejemplo formulado como todo software, extraído de la realidad a causa de una necesidad de la vida cotidiana.

Las comunidades de aprendizaje digitales tienen la capacidad de ser flexibles, adaptativas en su estructura, sino fueran todas así debieran ser la mayoría, porque al adaptarse a los cambios existe la oportunidad de incorporar nuevas tecnologías, procedimientos, métodos, técnicas, entre muchas más, bajo los estándares internacionales. Sobre todo, en el área educativa, las especificaciones son formalmente remitidas al LTSC (Learning Technology Standards Committe), comité especializado en e-learning del IEEE, única organización acreditada de estandarización, y por el momento el único estándar es LOM, es por ello que Singh & Reed afirman que estrictamente hablando no hay estándares e-learning (Singh, 2002), sólo hay grupos desarrollando especificaciones. Cuando se aplican estos conocimientos no es común encontrar la diferencia entre unos y otros, es más fácil encontrar que a las especificaciones e-learning se les conozca más como estándares.

Las metodologías y estándares utilizados en un desarrollo de software se proporcionan las guías para poder conocer todo el camino a recorrer desde antes de empezar la implementación, con lo cual se asegura la calidad del producto final, así como también el cumplimiento en la entrega del mismo en un tiempo estipulado. Se consideran los siguientes criterios en función de los conocimientos que el equipo de desarrollo tenga de las metodologías a evaluar, aunado a los conocimientos que

el equipo tenga, se establecen los pesos para cada criterio. Por ejemplo, Llumiquinga (2008), en su tesis de grado proponen la siguiente tabla de pesos:

- 20% para el Grado de conocimiento
- 15% para Adaptable a cambios y posee documentación adecuada
- 10% para el resto de los criterios

Cuando se menciona que el modelo es incremental bosqueja la implementación del proyecto a realizar en iteraciones, con lo cual se pueden definir objetivos por cumplir en cada iteración y así poder ir completando todo el producto iteración por iteración, con lo cual se tienen varias ventajas, entre ellas se puede mencionar la de tener pequeños avances que son entregables al cliente el cual puede probar mientras se está desarrollando otra iteración, con lo cual el proyecto va creciendo hasta completarlo en su totalidad.

a arquitectura de un sistema es la organización o estructura de sus partes relevantes. Una arquitectura ejecutable es una implementación parcial del sistema, construida para demostrar algunas funciones y propiedades. La arquitectura seleccionada debe de establecer refinamientos sucesivos de una arquitectura ejecutable, construida como un prototipo evolutivo. La meta es asegurar la producción del software de alta calidad que resuelve las necesidades de los clientes dentro de un presupuesto y tiempo establecidos. Básicamente el proceso de desarrollo tiene que brindar ayuda a escribir software, tiene que poner las reglas necesarias para alcanzar el éxito del proyecto, pero dejando la libertad suficiente para no sentirse agobiado.

4.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE PSP

Con forme a las premisas de lo que es la ingeniería de software, planificar el trabajo, y este realizarlo en base a un plan, con el propósito de entregar productos que sean de calidad. Esto toma sentido cuando un cliente es el que busca obtener un beneficio con el desarrollo del software, por lo que el cliente tendrá que invertir recursos para su desarrollo, por lo que la planeación juega un papel de suma importancia en el desarrollo ya que afecta directamente en los recursos del cliente y en la calidad del producto.

La propuesta para el desarrollo de esta investigación es la metodología de proceso personal de software (PSP) de sus siglas en inglés, su aplicación ayudará a la realización de un trabajo organizado, enseñando como definir, estimar y planear los procesos que guiarán el trabajo del desarrollo de software. Esta metodología fue propuesta por Watts Humphrey en 1995 y estaba dirigida principalmente a estudiantes para que desarrollaran software, al menos un software de calidad. Él decía que el software cambia cuando los diseñadores también cambian, refiriéndose a crear un pensamiento alternativo y personal de desarrollo además

que esta metodología se trata de un marco estructurado de formas, pautas y procedimientos para el desarrollo de software (Humphrey, 2005). PSP es una metodología de desarrollo personal, centrándose en las prácticas de trabajo de los programadores de una forma individual. En el uso de la metodología de PSP permite organizar métricas propias al desarrollador para ordenar el trabajo de día a día, con la posibilidad de llevar el trabajo a un grupo TSP (Team Software Process) comandado por un jefe de proyecto quien evalúa los resultados y avances de los miembros del equipo.

Los principios de PSP son:

- Cada programador es diferente, para ser más eficiente, debe planificar su trabajo basándose en su experiencia personal.
- Usar procesos definidos y cuantificados
- Los ingenieros deben asumir la responsabilidad personal de la calidad de sus productos.
- Cuanto antes se detecten y corrijan los errores menos esfuerzo será necesario
- Es efectivo evitar los defectos que detectarlos y corregirlos.
- Trabajar bien es siempre la forma más rápida y económica de trabajar.

La producción de software, debe convertirse en un proceso industrial, que sea medible, cuantificable, comprobable, que sea un proceso disciplinado y aceptado por todos. Con el método clásico de cascada se podía satisfacer a los clientes debido a que los procesos se realizaban de manera secuencial, pero al día de hoy se pueden realizar procesos que se orientan más al cliente y al producto con la finalidad de satisfacer las necesidades del cliente en las distintas iteraciones del producto.

El trabajo del programador o desarrollador debe ser de calidad, por lo que la disciplina que propone PSP proporciona un marco de trabajo estructurado para desarrollar las habilidades personales y los métodos que necesitará como desarrollador de Software, la cuestión no es si necesita habilidades personales, sino cuánto tiempo necesita para desarrollarlas y cómo las utilizará de forma consistente. Es decir, mejorando la calidad del trabajo, midiendo y usar la medida para analizar objetivos y, si es necesario, cambiar, por lo que existe una propuesta de entendimiento del trabajo de parte del desarrollador como se muestra en la Ilustración 13.

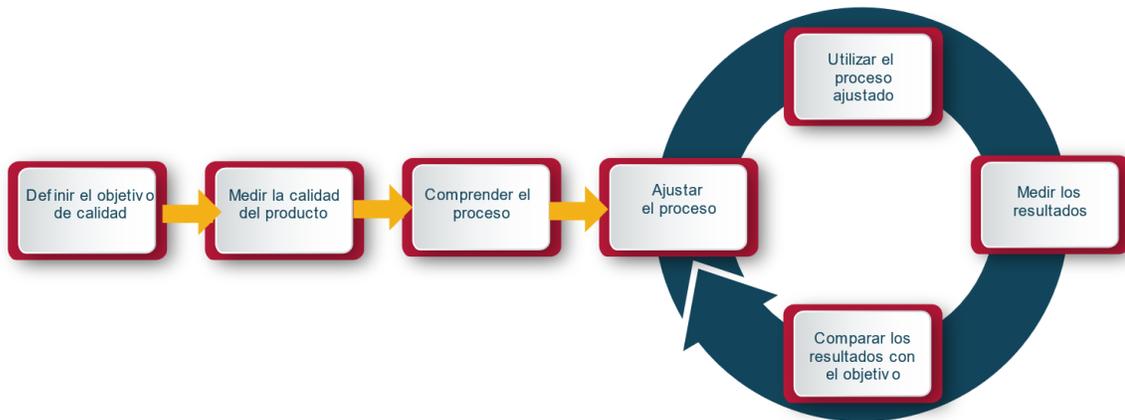


Ilustración 13. Diagrama de proceso de mejora de calidad

Fuente: Elaboración propia (2020)

PSP presenta ese mejoramiento y productividad ya que esta metodología tiene como premisa de que la calidad de software depende del trabajo individual de los programadores, atendiéndoles al ayudarles a automatizar sus procesos al planificar y dar seguimiento a un trabajo, utilizar un proceso definido y medido como se muestra en la Tabla 9, a establecer metas medibles y finalmente a rastrear constantemente para obtener las metas definidas por ellos mismos.

Con el propósito de mejorar esa calidad son tres las métricas que PSP establece como medidas el tiempo y los defectos, Humphrey menciona que al corregir las medidas derivadas de estas métricas se puede mejorar la calidad del proceso de desarrollo e incrementar su productividad al maximizar calidad del software (Chavarría, 2016).

Tabla 9. Procesos, prácticas y herramientas PSP.

Proceso	Descripción
Medición personal	Proceso que permite recoger sobre el trabajo (tiempo gastado, cantidad de defectos, etc.), establecer una base que incluye mediciones y formatos de reportes para medir progreso y definir los cimientos de mejora
Planificación personal	Proceso que facilita las estimaciones de tamaño y recursos, cronograma y seguimiento del proyecto, y enseña a realizar compromisos que se pueden cumplir.
Administración de calidad personal	Proceso para mejorar la habilidad del ingeniero para producir software de calidad de manera natural y consciente y explotar habilidades inherentes y capacidades.
Herramientas	Formato de estimación semanal de actividades, formato de registro de tiempos, formato de registro de defectos y formato resumen plan de proyecto.

Fuente: (Chavarría, 2016)

La administración del tiempo es una de las variables dependientes a la metodología así que pide que se deben clasificar las actividades principales, registrar el tiempo dedicado a cada una de ellas, por lo que es necesario de llevar un registro como control de ellos. Se sugiere llevar un cuadernillo de registro, en caso de no traerlo, registrar la hora inicial y final de la actividad para que se realice un conteo semanal. Esto con el propósito de eficientizar los tiempos de desarrollo, en un momento llegaran a realizarse tareas similares y se podrá recurrir al cuadernillo de control para estimar los tiempos y en el caso de no existir continuar con los registros.

4.4.1 FASES DE LA METODOLOGÍA PSP

El proceso de desarrollo de esta metodología se clasifica en tres fases, en cada una de ellas se realiza un criterio de entrada en la cual se hace la descripción del problema o plan del proyecto como de los registros de tiempo y de los criterios de salida, en el cual se realizan los reportes y la documentación del proyecto desde inicio a fin. De estas tres fases se subdividen en actividades tal y como se muestra en la Ilustración 14.

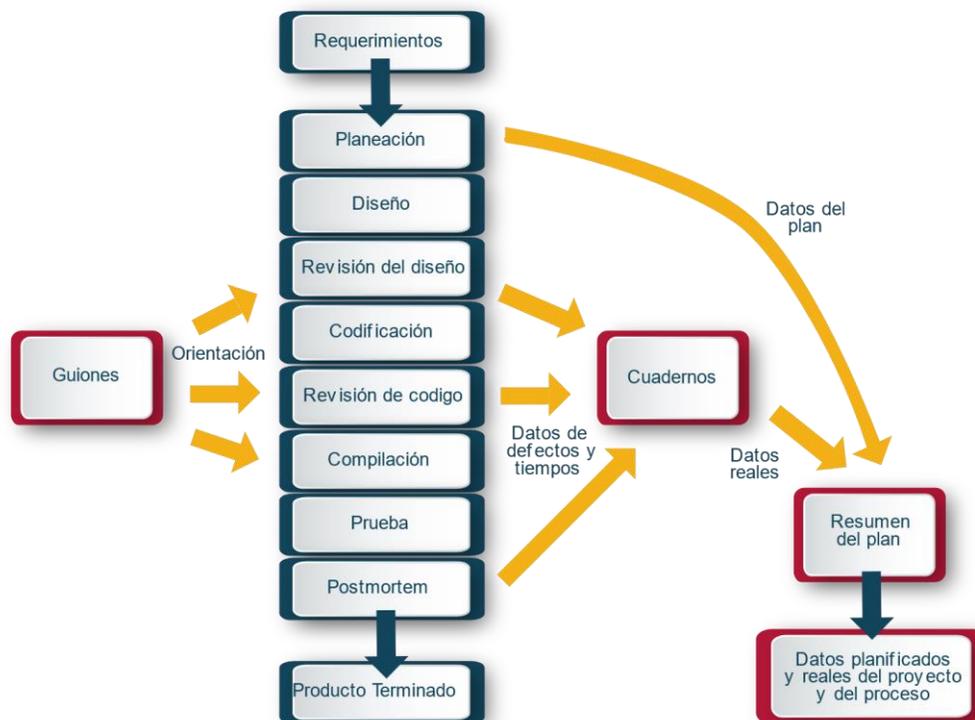


Ilustración 14. Diagrama de Metodología PSP

Fuente: (Humphrey, 2005)

El entrenamiento de PSP sigue una metodología evolutiva de mejora: quien empieza a integrar PSP en su proceso comienza en la fase planeación y progresa hasta alcanzar el nivel postmortem que es el nivel máximo de madurez. Cada nivel tiene guiones detallados, listas de chequeo y plantillas. Humphrey, creador de la metodología, motiva a los programadores experimentados a personalizarlos para que puedan aumentar el entendimiento de sus fortalezas y debilidades.

Manejo de los requerimientos: Esta variable es de tipo cuantitativa porcentual y mide el nivel de manejo de los requerimientos, establece lo que el sistema debe hacer en cuanto a procesos, consultas, reportes, alarmas, interfaces, restricciones de seguridad y algunos otros elementos que la organización necesite, por lo que si no se identifican de manera correcta, el software no proporcionará al usuario la funcionalidad esperada; además si no se determinan de manera completa y clara no se conocerá el alcance ni será posible estimar la dimensión real del proyecto. En esencia son la parte inicial del proceso PSP.

Una de las razones más comunes por las que un sistema falla es una mala definición de los requerimientos. El escribir especificaciones de sistema y de software buenas, correctas, completas y medibles es uno de los problemas más comunes en el desarrollo de software.

Los usuarios por lo general saben lo que requieren, pero en muchas ocasiones no saben cómo solicitarlo, mucho menos cómo documentarlo. Para este proceso es necesario que, el usuario cuente con su proceso documentado a nivel manual y a partir de este se lleve a cabo la documentación del requerimiento.

Mientras que el origen de los requerimientos de sistema radica en las necesidades del usuario, el origen de la gestión de requerimientos de un proyecto de software se origina en los requerimientos y/o especificaciones del sistema. La salida de este proceso servirá de entradas a otros relacionados con la planeación.

En la fase de planeación se generará la documentación del plan que guiará el proceso del software, en esta fase la primera actividad es la del análisis de requerimientos del programa, es donde se realiza el análisis, para que una vez terminada la obtención de los requerimientos del programa y resolver alguna duda que surja. La segunda actividad es la de estimación de recurso, tal y como su nombre se indica es para estimar los tiempos para poder desarrollar la aplicación, PSP comienza a estimar los tamaños de los productos que los desarrolladores realizan personalmente. PSP se basa en el tamaño y en los datos de la productividad de cada ingeniero y con estos datos estima el tiempo requerido para hacer el trabajo.

PSP realiza las estimaciones, tanto del tamaño del programa como de los recursos del mismo, con un método que se creó para estos fines y que tiene por nombre PROBE (Proxy Based Estimating) por sus siglas en inglés, traducido al español se entiende como Estimación basada en la evaluación, el método PROBE también utiliza la regresión lineal para estimar los recursos que se emplea en el desarrollo completo.

La metodología de PROBE consiste en que los ingenieros deben determinar primero los objetos que se requieren para construir el producto descrito en el diseño conceptual. Después se determina el tipo probable de los métodos que se emplean en el programa y el número de métodos que cada objeto necesita. También se puede hacer uso de referencias de datos históricos sobre los tamaños de objetos similares que se han desarrollado previamente y que al mismo tiempo utilizan el cálculo de la regresión lineal para determinar el tamaño total del producto acabado tal y como lo describe el diagrama de la Ilustración 15.

Fase de planeación

- Análisis
- Estimación de recursos

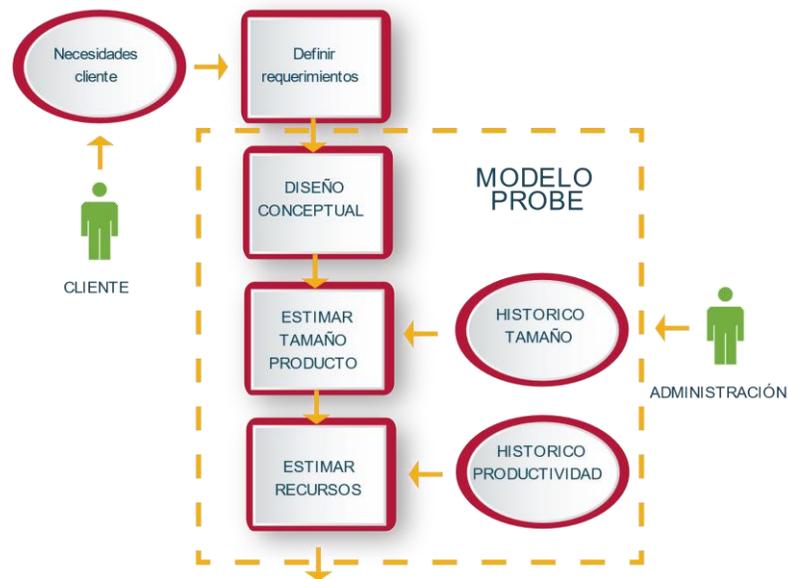


Ilustración 15. Fragmento diagrama modelo PROBE

Fuente: (Humphrey, 2005)

La fase de desarrollo son un conjunto de actividades a realizar para llevar a cabo el software, incluye el diseño del programa en donde se hace revisión de los requisitos y así producir un diseño para cumplirlos, además hacer un registro de tiempo de cualquier defecto encontrado en la definición de requerimientos una vez validado este diseño se procede a la siguiente etapa. La segunda actividad es la de codificación en esta se implementa el diseño siguiendo el estándar de codificación y se documenta el tiempo en el registro, la tercera es la de compilación en la cual se compila el programa hasta que quede una versión estable y libre de errores, la cuarta actividad es la de pruebas, en el cual se prueba el software hasta que se ejecute sin ningún error es decir se realiza una serie de pruebas las que sean

necesarias y pueda funcionar y cumpla con las reglas de negocio o las demandas del cliente, siguiendo documentando si existirá algún defecto.

Fase de desarrollo

- Diseño
- Codificación
- Compilación
- Pruebas

La tercera y última fase es postmortem esta es la parte final de la metodología, en esta se establece realizar un reporte postmortem que se utiliza para documentar detalles importantes de la tarea realizada, incluyendo los problemas que surgieron y como es que se llegó a la solución, es un momento en que el ingeniero de software debe dedicar para documentar las lecciones aprendidas, en este reporte es necesario de que se realice de manera inmediata para no olvidar los detalles de la solución que pueden ser valiosos para otras tareas o proyectos en la obtención de mejores prácticas, esta actividad requiere de algunos momento cuando se tiene frescos los detalles importantes, En esta fase la primera actividad es la de registro de defectos, en esta actividad se hace revisión del resumen del plan del proyecto y se hace verifica que todos los defectos encontrados en cada fase del proyectos fueron registrados. La segunda actividad consistencia de información de defectos donde se lleva a cabo la revisión de la información de cada defecto registrado que sea preciso y completado. La tercera actividad es la de tiempo, donde se hace revisión de posibles errores u omisiones en el registro de tiempo.

- Fase postmortem
 - Registro de defectos
 - Consistencia de información de defectos
 - Tiempo

Durante todo el proceso de desarrollo de la metodología se plantean dos medidas principales de precisión como ya se había mencionado anteriormente y para las cuales existe un formato de bitácora de control en el caso del tiempo y de los defectos que se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11 respectivamente, solamente agregar que para el caso de los defectos se debe contar con una tabla de tipo de defecto.

Tabla 10. Formato de control del tiempo.

Estudiante		Fecha				
Programa						
Instructor			Lenguaje			
proyecto	fase	Fecha de inicio y hora	Interrupción de tiempo	Termino fecha hora	Diferencia y de tiempos	Comentarios

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 11. Formato de control de los defectos.

Estudiante		Fecha					
Programa							
instructor			Lenguaje				
Proyecto	fecha	Número	Tipo	Fase	Remoción	Tiempo de solución	Error referenciado
Descripción							

Fuente: Elaboración propia (2020)

El aplicar los formatos de forma adecuada además de tenerlos organizados y accesibles permitirá tener un control de tiempo acertado, ya que, si en algún momento existiera la necesidad de realizar una tarea repetida o similar, se puede acudir a ellos a manera de consulta, acceder a la información para la solución o para estimación de tiempos, este proceso permite el poder realizar una mejor planeación de fechas de entrega, de solución a problemas o daños en el software con el cliente.

5 HERRAMIENTAS EMPLEADAS

En el presente capítulo se presentan las herramientas que se emplearon para el desarrollo del proyecto, desde el entorno de trabajo pensando en la población objetivo, así como la selección de cada una de las herramientas mencionando un poco del porqué de cada una de ellas sobre cuál es el aporte que tienen dentro del proyecto además de describir brevemente los alcances y límites.

5.1 ENTORNO

Disponer de un entorno de desarrollo adecuado en lo que a desarrollo de software se refiere puede hacer la diferencia entre entregar un trabajo apropiado y él no hacerlo podría proporcionar resultados inesperados y catastróficos. Para lo cual entiéndase como entorno un sistema formado por hardware, software, así como la configuración, circunstancias y las herramientas para su desarrollo. En base a la definición anterior y seccionando los elementos que lo conforman respecto a la dimensión del proyecto a desarrollar se abordan de la siguiente manera:

- Hardware; para este elemento del entorno, el proyecto no contempla el desarrollo de ningún dispositivo, sin embargo, se requiere del uso de una computadora portátil que contenga una cámara integrada o en el caso una computadora de escritorio la cual cuente con una cámara web externa, esto con el propósito de realizar el monitoreo de las expresiones faciales que el alumno pueda estar realizando durante su interacción en su sesión de estudio.
- Software: elemento clave que motiva esta investigación y que es el caso de estudio.
- Configuración: elemento que se contempla en la investigación y parte fundamental en el proyecto. El conseguir un resultado óptimo requiere del trabajo armónico de hardware y software, sin embargo, a mejor hardware refiriéndose a computador y cámara web, mejores resultados pueden esperarse. Respecto al software se contempla la configuración en la codificación y calibración de los elementos del código en cada uno de los scripts, el propósito es obtener resultados óptimos para sumarlos a los del hardware.
- Circunstancias: este elemento se justifica de la selección del tema de la presente investigación, ya que surge de un proyecto que se planteó en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco respecto a Plataformas de aprendizaje adaptativas mediante el perfil del estudiante. Para contribuir de manera paralela al desarrollo de este proyecto, se planeó integrar al perfil del estudiante el análisis de expresiones, incorporando el estado anímico,

elemento que aún no es contemplado como parámetro de medición funcional en este tipo de plataformas.

- Herramientas de desarrollo: este elemento va más allá, ya que también contempla las directrices, procesos, plantillas e infraestructura, componentes que ya forman parte de la metodología de desarrollo y que su descripción e implementación se refieren más adelante.

Si bien es cierto que los elementos de un entorno son robustos, cabe señalar que no se trata del desarrollo de un producto final comercial, sino del desarrollo de un módulo prototipo que sea funcional como un elemento que forma parte dentro de una gran maquinaria, esto sin la intención de restarle mérito, trabajo, esfuerzo y dedicación ya invertidos en su desarrollo. Por lo que la descripción del entorno no es tan ostentosa, además como ya se mencionó existen elementos que se encuentran ya contemplados en la metodología de desarrollo y que se describirán a su debido tiempo.

5.2 PYTHON

Elegir un lenguaje de programación también es una tarea difícil para el desarrollador, pues se tienen que contemplar factores trascendentales en la producción del software, el desarrollador no puede elegir un lenguaje de programación al azar o por sugerencia de un tercero. Tomar en cuenta consideraciones como las necesidades del proyecto, los alcances y limitaciones, indudablemente cambiará el panorama, además de que este análisis se realiza en las primeras fases de cualquier metodología de desarrollo de software, prestar atención a estas señales y realizar un análisis superficial de la información, sumara a que el desarrollador pueda vislumbrar una respuesta, por otro lado puede buscar mayor información de fuentes fiables para obtener la experiencia y seleccionar él o los lenguajes que pueden resolver la problemática. No dejar al azar este paso, sino, más bien planearlo y ejecutarlo hará la diferencia al momento de llegar a la codificación.

Al igual que una sociedad surge y crece a pasos acelerados, así también los lenguajes de programación surgen como en un principio, en personas dotadas de inteligencia que podrían concebirlos, posteriormente por comunidades de desarrollo de software, en la mayoría de los casos la motivación que encontraron fue el de simplificar cada vez más las líneas o sentencias de código, corregir una anomalía o simplemente para mejorarlos, hay lenguajes de código abierto los cuales son publicados y compartidos con otros desarrolladores con la intención de realizar una comunidad más grande y estos mismos puedan realizar contribuciones que propician la salida de una nueva versión en cada iteración de mejora.

Al momento de elegir un lenguaje para codificar es de vital importancia conocer las diferencias, singularidades, ventajas e inconvenientes de cada uno de los lenguajes de programación que se han propuesto, además es preciso conocer cuál es el desempeño que tendrá respecto a la plataforma en la cual se trabaje, a su vez familiarizarse con el concepto de framework, haciendo referencia a buenas prácticas, módulos y librerías de cada lenguaje para abordar proyectos y actividades concretas.

Toda vez que se ha definido el título, el objetivo general y los objetivos específicos, planteado una problemática a resolver, definido un marco teórico y establecido la propuesta de esta investigación, es preciso dejar claro la necesidad de profundizar en el estudio y trabajo del análisis de imágenes, identificación de rostros, específicamente en el reconocimiento de expresiones o emociones, ahora pues con un concepto definido, solo falta revisar que lenguajes de programación pueden aportar para una solución funcional y eficiente que permita la compatibilidad en plataformas de aprendizaje.

Se eligió Python (Ilustración 16) porque es un lenguaje de programación que le permite trabajar rápidamente e integrar sus sistemas de manera efectiva. Hoy en día muchas distribuciones de Linux y UNIX incluyen un Python reciente. Incluso algunas computadoras con Windows (especialmente las de HP) ahora vienen con Python ya instalado. El reconocimiento facial y la inteligencia artificial son áreas de exploración experimentada en la arquitectura en lenguaje Python (2020), por razones como estas los desarrolladores buscan este lenguaje, recurren a él para desarrollar sus scripts de programación, desde el punto de vista de aprendiz es fácil y sencillo recordar sus sentencias además de la limpieza y legibilidad a la hora de codificar.



Ilustración 16. Logotipo de Python

Fuente: (Python, 2020)

A pesar de que Python es uno de los lenguajes recientes tiene mucha aceptación en la mayoría de los desarrolladores, empresas de alto prestigio recurren al lenguaje para programar todo tipo de aplicaciones y servicios, ya que por su naturaleza pueden realizar aplicaciones de escritorio, móviles y en web, de una manera práctica y sencilla, asimismo de contar con un amplio soporte y documentación. Los paquetes con los que interactúa son otro de los beneficios que lo distingue y lo ubica

entre los favoritos, estos van en un umbral de lo básico a lo sofisticado incorporando tecnologías en apogeo, muestra de ello es el paquete que se ha elegido OpenCV porque trabaja de forma eficiente con el lenguaje y es el paquete idóneo para la implementación del módulo.

La instalación de Python es sencilla, ligera, además de la compatibilidad con la mayoría de los IDEs de programación, continuando con esta simplicidad la instalación de los paquetes también es cómoda, ya que se realiza de una forma sencilla, en simples pasos como ir a la página de internet oficial, copiar el link que la misma página proporciona, abrir una consola o símbolo del sistema, pegarla y esperar la instalación que se realiza de manera dinámica, rápida, eficiente y muy efectiva, no hay más que darle su tiempo, pues la configuración va implícita y al terminar se podrá hacer uso sin mayores complicaciones.

Retomando el tema del análisis de imágenes, en específico de expresiones faciales, en la actualidad existen productos desarrollados con los cuales ya se pueden realizar este tipo de análisis de manera eficiente, productos sofisticados de paga como se muestra en la lista de los más populares de la Tabla 12:

Tabla 12. Productos de reconocimiento de rostros.

Producto	Descripción
Microsoft Azure Face Service	Disponen de servicios de reconocimiento facial, detección de caras y detección de emociones a través de Azure Cognitive Services. El plan de precios es algo críptico, está orientado al consumo que realices de sus máquinas, donde al final siempre se termina pagando más de lo que se ha previsto.
Amazon Rekognition	Ofrece la posibilidad de además de analizar emociones detectar textos, etiquetar imágenes, identificar contenidos, detección de equipos de protección profesional y lo más curioso, detectar famosos. No se pueden realizar pruebas online, pero permiten realizar de manera gratuita 1000 usos por mes tanto para reconocer 5.000 imágenes por mes. Funciona tanto para vídeo como para imágenes.
Google Visio	Esta tecnología permite detectar rostros, realizar reconocimiento facial y analizar las emociones. Se puede probar de manera online la API de una manera bastante sencilla. Los precios se cobran por uso con una pequeña capa gratuita, y como en todos los proveedores de la nube aparecen siempre costes ocultos que incrementan la factura final.
IBM Watson	Ofrece la posibilidad de analizar las emociones humanas en imágenes siguiendo el espíritu de uso habitual de su nube. Dispone de una capa gratuita para pruebas y de facturación por uso.
TensorFlowJS	funciona en multitud de sistemas operativos y con gran cantidad de lenguajes por lo que su implantación es muy sencilla. Permite generar modelos de aprendizaje con gran facilidad o lo que es mejor, utilizar modelos creados por terceros o por la comunidad.

Fuente: (Cuesta, 2021)

De los productos a los que se hace referencia la mayoría pertenecen al sector privado, grandes empresas en las que su finalidad es competir por el desarrollo de tecnología de última generación, de Amazon Rekognition el conocimiento que se tiene de su producto es mayor ya que se abordó en la sección de estado del arte. TensorFlowJS es un producto de open source, este a diferencia de los demás es de licencia libre o simplemente no se tiene que pagar por su uso, es un producto potente al cual se le ha invertido bastantes horas de desarrollo y que podría haber sido una buena opción para su uso, pero para la investigación se implementara OpenCV, en el siguiente apartado se mencionan las razones de su selección.

5.3 OPENCV

Antes de poder definir a OpenCV es necesario introducir un concepto previo, con el propósito de profundizar en la información en contexto a esta librería, como se ha estado desarrollando a lo largo de las secciones anteriores, se ha asimilado en lo general el proceso del análisis a imágenes, primeramente, de los requerimientos indispensables como el uso de una cámara web, un computador y el software encargado del análisis dedicado a la imagen. Sin el software que indique la directriz, por sí solos la cámara web y el computador solo sirven para transmitir o capturar un video streaming, pero el software como un director de orquesta dice que hacer para llegar a cumplir ese propósito, por lo que es indispensable introducir el concepto de Visión por Computador.

Pues bien, según Briega (2021) la visión por computador consiste en la extracción automatizada de información de las imágenes. Refiriéndose a extracción a modelos 3D, posición de la cámara, reconocimiento de objetos, y agrupación y búsqueda de contenido. Para dejar un poco más claro este concepto se realiza la comparación con el ojo humano, que tiene la capacidad de efectuar todas las acciones antes mencionadas, pero es gracias a estos datos que se puede realizar la medición de distancias, ángulos, cálculo de promedios en alturas y pesos, detección de colores, formas, extracción de símbolos o caracteres y un sinnúmero de ejemplos que aún podrían mencionarse. El concepto involucra a la IA como la encargada de poder supervisar todos los procesos y con la capacidad de poder tomar decisiones, es así que la mezcla de programación, modelado y matemáticas la convierte en un tema sumamente atractivo dejando la puerta abierta a la imaginación y sus tan variadas oportunidades de aplicación.

Ahora se presentará que es OpenCV, Rodríguez (2021) da la definición de una manera muy sencilla: es una biblioteca de código abierto que contiene implementaciones que abarcan más de 2500 algoritmos. Además, está especializada en el sistema de visión artificial y machine learning. El autor menciona que es la biblioteca de visión artificial más grande del mundo en cuanto a las funciones que posee, aunque un poco exagerada esta afirmación, el autor deja claro que, para fines académicos y comerciales es gratuita, esto es bajo la licencia a la que está registrada.

Definición que complementa Briega (2021) al referirnos las posibilidades que se han mencionado respecto al trabajo con imágenes, el autor abre la puerta a esta investigación al mencionar el trabajo con videos, al permitirnos realizar una variedad de tareas que van desde la detección automática de rostros, a la visualización de las imágenes de una cámara Web. Esta tecnología fue creada en 1999, por Gary Bradski, quien trabajaba en la empresa Intel, y que tuvo la convicción y la visión para lanzar OpenCV con la intención de acelerar la visión por computador apoyada por la Inteligencia Artificial, proporcionando una infraestructura sólida con este producto. El lenguaje de programación de esta librería está escrito en C y C++ y se puede ejecutar en los sistemas operativos de Linux, Windows y Mac OS X. Posee un desarrollo activo de interfaces para Python, Java, MATLAB y otros lenguajes, incluyendo el soporte para plataformas como Android y iOS para aplicaciones móviles.

Debido a que la visión por computador y el Machine Learning a menudo van de la mano, OpenCV también contiene una librería completa de uso general de Machine Learning (ML); la cual se centra en el reconocimiento de patrones estadísticos y el agrupamiento. La utilidad primordial de OpenCV es la detección de objetos y rostros, su campo de acción abre el abanico a un sinfín de oportunidades en seguridad, marketing e incluso la fotografía.

- Reconocimiento óptico de caracteres
- Lectores de códigos de barras
- Medicina
- Seguridad y vigilancia
- Captura de movimiento
- Reconocimiento de huellas dactilares y biometría
- Detección de rostros

De la gama de oportunidades que ofrece la librería de OpenCV para desarrollar proyectos profesionales para estudiantes y empresas. Bajo las directivas que permite la licencia BSD la investigación hará uso del reconocimiento de rostros sobre video, como del uso del lenguaje de programación de Python.

6 REQUERIMIENTOS

A partir de este capítulo se describe la metodología elegida al tema de la investigación, en un principio se comentará lo que PSP propone respecto a la teoría, bajo el contraste con lo que a la práctica se desarrolla. Se puede resumir que PSP es flexible donde el desarrollador está velando por la calidad de sus entregas, productos, diseños, en general del resultado de su conocimiento aplicado. Cada persona gestiona, califica y aprueba su propio producto. De entre los elementos que incluye la planeación se describirán el análisis y la estimación de recurso, como los diagramas y tablas que se implementaron para ajustar el trabajo a la metodología. Para cada apartado se verá una serie de ideas que resumen la teoría contrastada con la interpretación, aplicación y resultados en la práctica.

El levantamiento de requisitos y su análisis acertado, son tareas fundamentales para el desarrollo del módulo, por lo que es de gran importancia que se ejecuten de manera controlada y repetible. El objetivo entonces es especificar los requisitos funcionales y no funcionales de la información del cliente, el poner atención y detectar los puntos clave servirá para suplir sus necesidades.

Para el proceso de preparación de levantamiento de requerimientos no simplemente basta con hacer preguntas y esperar a que las respuestas alcancen para realizar la propuesta de modelo, para evitar caer en el error, se recurrirá al uso de una técnica para el levantamiento de requerimientos, de las más conocidas son:

- Grupos de enfoque
- Análisis de interfaz
- Entrevistas
- Observación
- Prototipos
- Talleres de requisitos
- Encuesta / Cuestionario
- Historias de usuario

De las técnicas la que se ha elegido es la de historias de usuario, esta técnica es parte de las metodologías ágiles de desarrollo, se emplea en Scrum o XP. Esta técnica también se implementará en el proyecto, de ahí que ayudará a cambiar el enfoque de escribir sobre los requisitos. Todas las historias de usuario ágiles incluyen una oración escrita o dos y, más importante aún, una serie de conversaciones sobre la funcionalidad deseada (Alvarez, 2021). Lo que es decir son descripciones cortas y simples de un proceso, acción o rutina contada desde la perspectiva del cliente o usuarios que tendrán intervención en el software. Para

recabar las historias de usuario del módulo, se realizarán bajo la siguiente estructura:

- Escritas por el usuario o en presencia de él, permitiendo la colaboración
- Uso de la terminología de cliente, centrando la atención en el usuario
- Información relevante a bajo nivel de detalle, impulsando soluciones creativas
- Sirve de base para estimar los tiempos de implementación

El éxito de las historias de usuario dependerá de varios factores, en los que se pondrá mayor atención, partiendo de la selección de personal entrevistado, contemplando aspectos como la experiencia que tiene en el proceso del producto, la habilidad para documentar o expresar información relevante. Otro factor importante es el de realizar un formato que sirva para estructurar la información durante la entrevista, a continuación, se muestra en la Tabla 13 un ejemplo de las historias de usuario que se realizaron:

Tabla 13 Ejemplo de historias de usuario implementadas.

HISTORIAS DE USUARIO		Fecha:	6/Oct/2020.
Entrevistado (usuario)	Dra. Magally Martínez	Número de Historia:	05
Nombre de historia:	Identificación de expresiones de un alumno	Tiempo estimado:	18 horas
Descripción:	Se requiere que desde la plataforma de aprendizaje se puedan analizar expresiones a los estudiantes, para que a partir de ellas se pueda deducir la disposición a estudiar.		

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, una vez que se han realizado las entrevistas necesarias, ha llegado la hora de procesar la información, con el propósito de que las historias de usuario sirvan para articular la información desglosándola como se describe en las siguientes categorías:

Identificar la necesidad: Lo que se busca en el desarrollo del software es crear un complemento a las plataformas de aprendizaje, buscando analizar las expresiones en los estudiantes de las cinco expresiones de universalidad, y solo reaccionar a aquellas expresiones en las cuales el alumno o estudiante demuestre tener alguna complicación en su estudio, el software proporcionar ayuda respecto a los materiales de enseñanza, los cuales han sido cargados de parte del tutor en la plataforma, para ejemplificar el proceso se presenta la Ilustración 17.



Ilustración 17. Diagrama básico de especificaciones del cliente

Fuente: Elaboración propia (2020)

Procesos: retomando la información del diagrama anterior se presenta la esencia de lo que requiere que el software resuelva, priorizando el proceso más importante al estar analizando rostros y de ellos identificar expresiones y reaccionar a ellas, está será la aportación como un complemento escalable de mejora para plataformas de aprendizaje.

Consultas: nuevamente apoyándonos del diagrama anterior la tarea del módulo es respecto a la rutina recurrente que realiza el análisis a las expresiones de rostros a los estudiantes, parámetro que no hay que descuidar y que por el contrario abría que destacar en el módulo; son por un lado el número de intervenciones y los tiempos de respuesta, conociendo que el módulo es una herramienta de apoyo al estudiante, por lo que se debe evitar caer en el error de que se convierta en un complemento molesto que en vez de ayudar, solo sea un distractor en las actividades al estudiante.

Reportes: para incluir en el módulo a desarrollar esta sección, se tendría que interactuar con la base de datos de la plataforma de aprendizaje, realizando una interacción mínima al crear una tabla que lleve el registro del comportamiento de software en cada uno de los alumnos que interactúen en su sesión, proceso que no sería general, sino, que tendría que verse de manera particular respecto a la estructura de cada plataforma con la que se interactúe.

Interfaces: el software solo requerirá de dos interfaces y un complemento. De las interfaces la primera es con el propósito de realizar una rutina para que el alumno pueda llevar a cabo el registro de sus expresiones, la segunda considerada aun como propuesta para el tutor, para que él pueda configurar la respuesta que dará el módulo al alumno como ayuda, y por último un complemento tipo botón en la interfaz de estudio del alumno, el que ha voluntad pueda habilitar o deshabilitar el módulo según la preferencia de estudiante.

Restricciones de seguridad: estará enfocado principalmente a la parte de protección de datos del alumno y los permisos que este conceda para poder analizar su rostro, ya que forman parte de su personalidad e integridad.

7 PLANEACIÓN

Parte de los inicios de la metodología tiene como resultado definir un plan organizado del proyecto, el guion de planeación tiene como entrada los requerimientos del software, así como la estimación de los recursos que se emplean en éste y donde se pueda hacer un fácil seguimiento. Una vez encontrados los objetivos, de tal modo que, dé pie al generar un diseño conceptual del software, la estrategia de desarrollo a seguir, las tareas a realizar, los tamaños estimados de las tareas, plan de calidad y el cronograma del proyecto. Se generará la documentación del plan que guiará el proceso del software.

La etapa anterior ha concluido con la recolección de requerimientos, dando pie a la siguiente etapa de la metodología de desarrollo de software, de las bondades que tiene es que no es necesario de un equipo de trabajo, lo que permite continuar con el desarrollo como hasta el momento, planeando de manera individual las tareas, métodos, métricas y procesos que se tienen que realizar, priorizando un elemento tan importante, el control de tiempos.

7.1 ANÁLISIS

Cuando ya se cuenta con los requerimientos principales de trabajo y desarrollo del software, se iniciará con su análisis y la estructuración del plan que describirá el diseño conceptual, este debe incluir un proceso personal básico, planificación, gestión de calidad, al terminar con este requerimiento se tendrá las definiciones iniciales del proyecto.

Diseño Conceptual: Para poder realizar un plan estimado, de cómo va a ser diseñado y construido el software, en esta primera fase los desarrolladores definen como sería lo más cercano posible el diseño del software, basados en su experiencia. El diseño conceptual entonces es a grandes rasgos como se muestra en la Ilustración 18, como piensan los desarrolladores que será el diseño del software. Este diseño a medida que se avanza en los procesos se irá mejorando.

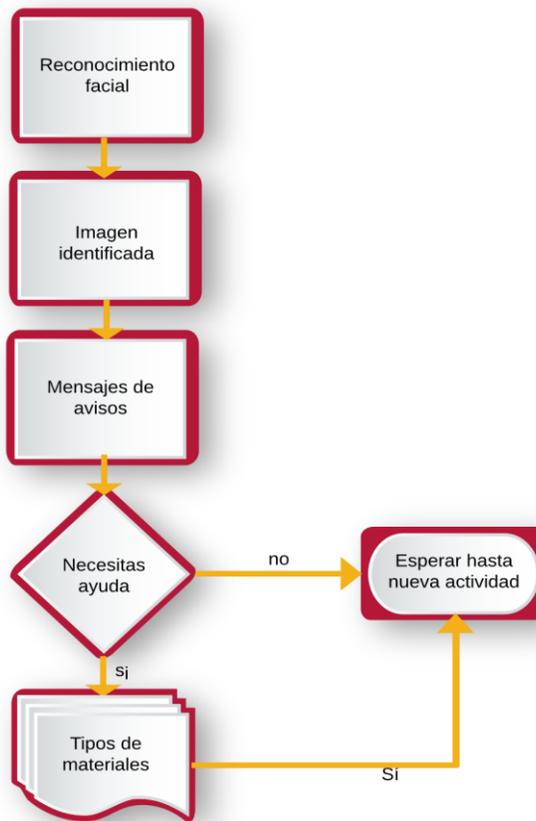


Ilustración 18. Primer diseño conceptual

Fuente: Elaboración propia (2020)

7.2 ESTIMACIÓN DE RECURSOS

La estimación de los recursos del producto es moderada en su mayoría de los proyectos de software grandes por los equipos, pero para el caso particular de esta investigación o cuando es de manera individual el desarrollo de software, esta correlación tiene resultados generalmente altos. Por lo tanto, PSP comienza a estimar los tamaños de los productos que los desarrolladores de manera personal. PSP se basa en el tamaño y en los datos de la productividad de cada desarrollador y con estos datos estima el tiempo requerido para hacer el trabajo.

En el supuesto de desarrollo de una empresa legalmente constituida que desarrollara el software, los roles que se tiene que desempeñar como mínimo son los siguientes, como se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Matriz de personal del proyecto.

Can tida d	Cargo	Formación académica	Perfil	Responsabilidades
1	Gerente	Maestría o doctorado en ciencias de la computación	Un líder inspirador para los demás trabajadores, trabajo estratégico, compromiso y ética, capacidad para planear y organizar, sobre todo de resolver problemas	Ejecutar el plan de negocios, organizar el régimen interno, delegar facultades, preparar y ejecutar el presupuesto, celebrar y firmar contratos y obligaciones, diseñar y ejecutar planes de desarrollo, dirigir las relaciones laborales, dirigir la contabilidad y rendir cuentas
1	Auxiliar de administración	licenciatura de administración pública	Residencia, autocontrol, liderazgo, ética, trabajo en equipo, administración.	Sera la encargada de llevar en orden la comunicación con el cliente y el personal; Capacidad para analizar, reparar, redactar, ordenar y conservar los documentos que se generen de negocios; Estar en constante supervisión de la operación de los equipos físicos; Así como involucrarse en la gestión de proyectos con relación a la administración
2	Programador	Maestría o doctorado en ciencias de la computación	Estar siempre actualizado, trabajo en equipo, inteligencia para solucionar problemas de manera eficiente, residencia.	Diseñar, desarrollar, probar, implementar, mantener y mejorar el software
3	Técnico Programador	Carrera técnica o licenciatura	Estar actualizado, trabajo en equipo, autoaprendizaje, interpretar	Planificar su trabajo, probar, producir código que solvante la tarea, depurar código Diseño de interfaz.
1	Contador	Licenciatura o maestría en contabilidad	Capacidad de interpretación y de análisis de las finanzas empresariales, gran afinidad por los números, trabajo en equipo y visionario.	Diseña, gestiona y ejecuta las estrategias económicas y financieras de una empresa. Interpreta la información contable para el planeamiento, el control y la toma de decisiones. Forma parte de las decisiones gerenciales, en base a la interpretación de la información contable y financiera.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Una vez que se han definidos las responsabilidades y los cargos necesarios para el grupo de trabajo incluidos en la tabla inmediata anterior, solo queda definir las actividades iniciales primarias, propuesta que se realiza en la Tabla 15, matriz de requerimientos, en ella se presentan las actividades que formarían el cauce para el flujo de la información, retomando el cargo y asignándole un o los requerimientos clasificados por prioridad para cada uno de los miembros.

Tabla 15. Matriz de requerimientos del proyecto.

ID	REQUERIMIENTO	SOLICITADO POR:	PRIORIDAD (A,M,B)	REQUERIMIENTO
1	Información documental de la plataforma aprendizaje	Gerente	Alta	De Sistema
2	Lenguaje programación desarrollar	Gerente	Alta	De Sistema
3	Costo de desarrollo del algoritmo	Gerente	Alta	No Funcional
4	Rendimiento, Estabilidad, Escalabilidad, Seguridad, Interfaz	Gerente	Alta	Funcional
5	El algoritmo debe ser operable en su plataforma de aprendizaje	Usuario	Alta	De Usuario
6	El algoritmo debe ser entrenado para poder tener una eficiencia mayor	Usuario	Alta	De Usuario
7	El algoritmo debe tener una eficiencia del 80%	Usuario	Alta	De Usuario
8	Reportes y bitácoras	Auxiliar Administrativo	Mediana	De Usuario
9	Conocer el proyecto ejecutivo, donde especifique tiempos, metodología, lenguaje, estructura, procesos, y productos terminados a entregar	Programador	Alta	De Usuario
10	Equipo de cómputo especializado	Programador	Alta	De Sistema
11	Horas de desarrollo	Programador	Mediana	De Usuario

12	Software especializado	Programador	Alta	De Sistema
13	Generar manual de desarrollo	Programador	alta	No Funcional
14	Conocer las tareas a desarrollar	Técnico programador	Alta	De Usuario
15	Contar con las versiones de prueba concluidas	Técnico programador	Alta	De Usuario
16	Horas de implementación de pruebas	Técnico programador	Mediana	De Usuario
17	Equipo de cómputo eficiente	Técnico programador	Mediana	De Sistema
18	Conocer los presupuestos a ejercer	Contador	Alta	De Usuario
19	Conocer la plantilla laboral	Contador	Alta	De Usuario
20	Conocer los flujos de ingresos y egresos, costos, etc.	Contador	Alta	De Usuario

Fuente: Elaboración propia (2020)

El modelado que se propone comienza por realizar una clasificación de las características en base a los datos ya obtenidos, en clasificación a Diseño, Operación y Soporte:

Características Diseño:

- Acceso múltiple
- Es multiplataforma
- Trabaja dentro de una sesión
- Interfaz gráfica de entrenamiento e interfaz gráfica de respuesta.

Características de Operación:

- Posibilita acceso a recursos
- Depende de la información del usuario
- Interactúa con las imágenes de expresiones
- Parte de un perfil del alumno definido
- Se debe entrenar la IA de OpenCV
- Estructura material de apoyo
- Soporta la autenticación de los usuarios

Características de Soporte:

- Atención personalizada vía teléfono
- Soporte vía correo electrónico

En la etapa de diseño se determinó realizar el proyecto en tres fases, con el propósito de dirigir su evolución de manera escalada, la conclusión de cada una de estas fases es el principio de la siguiente como se muestra a continuación:

Fase 1, se plantea realizar la recolección de expresiones del alumno mediante una rutina en una interfaz de usuario, así se obtendrán las expresiones del alumno al estimular cada una de las emociones de universalidad, estas serán capturadas como imágenes a través de un script desarrollado en el lenguaje Python, se propone la captura de 200 imágenes por cada iteración respecto a la emoción en interfaz, los script desarrollados se guardarán en el servidor en un directorio en específico para su ejecución, este sin duda es el aporte como complemento al perfil

del estudiante. Para realizar el entrenamiento respecto a las imágenes ya obtenidas, se recurrirá a los métodos de inteligencia artificial de OpenCV, y así generar el modelo a cada alumno en formato XML el cual contendrá información específica y personal, dicho proceso puede describirse en la Ilustración 20.

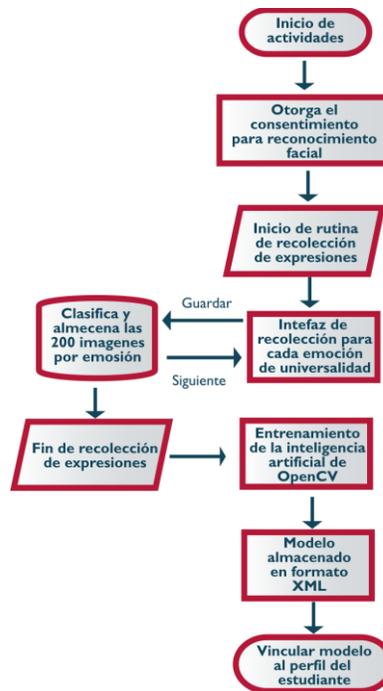


Ilustración 20. Diagrama del proceso de recolección de imagen y de entrenamiento del modelo.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Fase 2, se propone en la interfaz de la plataforma de aprendizaje exista un botón el cual pueda habilitar o deshabilitar el módulo desarrollado, una vez se encuentre habilitado en todo momento analice las expresiones para el caso de detectar aquella que perciba miedo/sorpresa el módulo reaccione y proporcione ayuda complementaria, así exista ese avance y continúe con el camino de su aprendizaje.

Fase 3, se trabaja de manera ligada a la fase anterior, requiere del análisis de expresiones con la interacción a los materiales propuestos de ayuda para el alumno en la plataforma de aprendizaje. Este módulo plantea la ayuda como propuesta del tutor para determinada sección del curso. Aunque en un estado ideal del módulo propuesto se recomienda la implementación de Duran (2020). Estas últimas fases pueden describirse en la Ilustración 21.

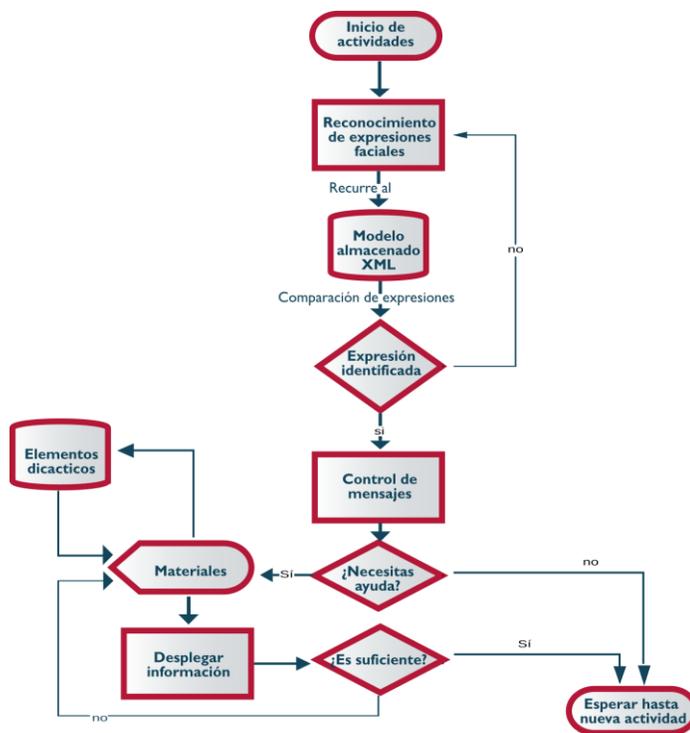


Ilustración 21. Diagrama del proceso de análisis y de respuesta al alumno.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Una vez analizados y esbozados de manera grafica los procesos que realizará cada uno de los scripts se continúa con las siguientes etapas de la metodología de desarrollo de software, procesos que se describen en el siguiente apartado.

El diagrama representa la secuencia del algoritmo, que por definición es el seguimiento de pasos ordenado, definido y finito que cumple con la operación de identificar una expresión de duda en el rostro del alumno y reaccionar a este estímulo, apoyado de la inteligencia artificial propiedad de OPENCV.

El diagrama se encuentra en la fase de reconocimiento, la cual considera el hecho de que ya ha sido aprobada por el alumno o estudiante de la plataforma, además que ya ha aceptado los términos y condiciones del uso de este complemento en la plataforma, por último, este debe de encontrarse habilitado, de tal forma que su funcionamiento actuará de la siguiente manera:

Inicia con el reconocimiento facial del alumno que interactúa en la plataforma de aprendizaje, esto es mientras se encuentra en actividades en su sesión desarrollando un tema, el software monitorea esas expresiones por un periodo de tiempo, cuando las considera recurrentes, es cuando entra en operación con el módulo de ayuda ofreciéndole un apoyo adicional para reforzar o esclarecer lo que se encuentra estudiando.

8.2 CODIFICACIÓN

Una vez terminado el diseño, se continúa con la siguiente iteración de la metodología de PSP, la etapa de codificación, en la que se ha seleccionado el lenguaje de programación Python, un lenguaje multiplataforma disponible bajo GNU, con una considerable cantidad de librerías, fáciles de usar lo que lo vuelve aún más popular entre programadores. En la práctica del desarrollo del módulo se utilizó Python en su versión 2.9.0 del año 2021, además de la instalación de algunos paquetes que complementan y trabajan de manera conjunta como; Python Imaging Library (PIL), una librería gratuita que permite el trabajo de edición de imágenes directamente desde Python, soportando una variedad de formatos; también se instaló y utilizó el paquete Tkinter (interfaz Tk) es la interfaz por defecto de Python disponible en la mayoría de las plataformas o sistemas operativos.

Para la elaboración de los Scripts PY de código Python se utilizó el IDE sublime Text 3, en su versión de prueba, es un editor de código de programación, de marcado y prosa, ligero, que permite aprovechar al máximo el espacio visual en la pantalla esto gracias a su mini mapa del código, soporta gran número de lenguajes, suporta macros y auto completar. De misma forma se describen las características del equipo (ver Tabla 16) donde se instaló, desarrolló y realizaron las pruebas.

Tabla 16. Características del equipo

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	DETALLES
PC Portátil	Dell Inspiron 15	5000 series
Cámara web	HD +Micrófono Dual	Integrada
Sistema operativo	Windows 10	Enterprise, de 64 bits
Procesador	Intel(R) Core (TM) i7-8550u CPU @ 1.80 GHz 1.99 GHz	8va generación, procesador x64
Memoria RAM	8.00 GB	

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo de los scripts se consultaron los trabajos de Gabriela Solano (2020) del repositorio que tiene en su página de internet y de sus enseñanzas en su canal de YouTube, sus trabajos permitieron fijar las bases y la ruta que seguiría este desarrollo de visión por computador de Python y OpenCV. Los scripts corresponden a la fase 1 y un segundo que abarca la fase 2 y 3 que fueron presentadas en el apartado de método como se muestra en la Ilustración 22.

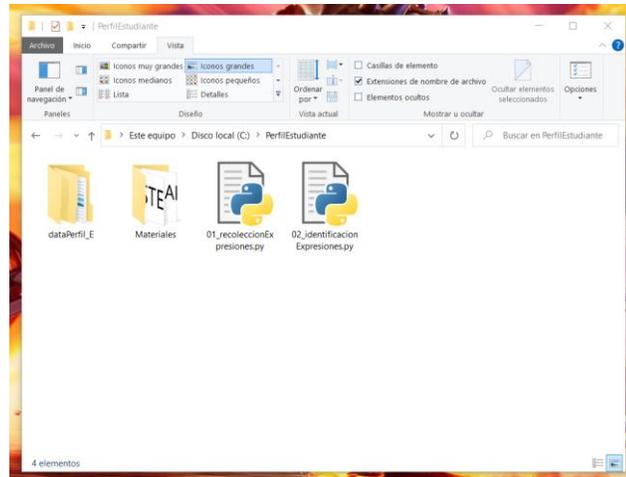


Ilustración 22. Scripts alojados en el servidor.

Fuente: Elaboración propia (2020)

8.3 COMPILACIÓN Y PRUEBAS

El primer script al que se le llamo 01_recoleccionExpresiones.py, es el encargado de realizar el reconocimiento del rostro desde un video streaming, entiéndase por video streaming la acción de transmitir archivos de audio y video, a través de una conexión por internet y entiempro real, en el que se utilizaron las librerías de Python, Tkinter, PIL y Time como se muestra en la Ilustración 23. Donde Tkinter será quien construya la interfaz gráfica por medio de una ventana, PIL proporciona múltiples opciones en el tratamiento de imágenes, por último, Python con sus librerías en las cuales colaboran con arreglos en matrices a nivel matemático, o tener acceso y control sobre el servidor y los servicios que este pueda proporcionar, entre otras muchas más.

```

C:\PerfilEstudiante\01_recoleccionExpresiones.py - Sublime Text (UNREGISTERED)
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
01_recoleccionExpresiones.py x 02_identificacionExpresiones.py x
1 from tkinter import *
2 from tkinter import filedialog
3 from PIL import ImageTk
4 from PIL import Image
5 import cv2
6 import os
7 import imutils
8 import numpy as np
9 import time
10
11

```

Ilustración 23. Librerías de empleadas.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Al inicio el script reconocerá si se trata de un alumno nuevo, para el caso de que así sea creará los directorios necesarios para realizar la acción de complementar su perfil de estudiante, rescatando su ID y creando un directorio con él en un apartado del servidor de la plataforma de aprendizaje, en este directorio se crearan dos más, un primero para almacenar las expresiones y un segundo donde se almacenará el modelo. En el directorio de expresiones se crearán también cinco directorios a donde se almacenarán las imágenes de las expresiones ya clasificadas de las emociones de universalidad: alegría, desagrado, ira, sorpresa y tristeza todo esto como se muestra en la Ilustración 24.

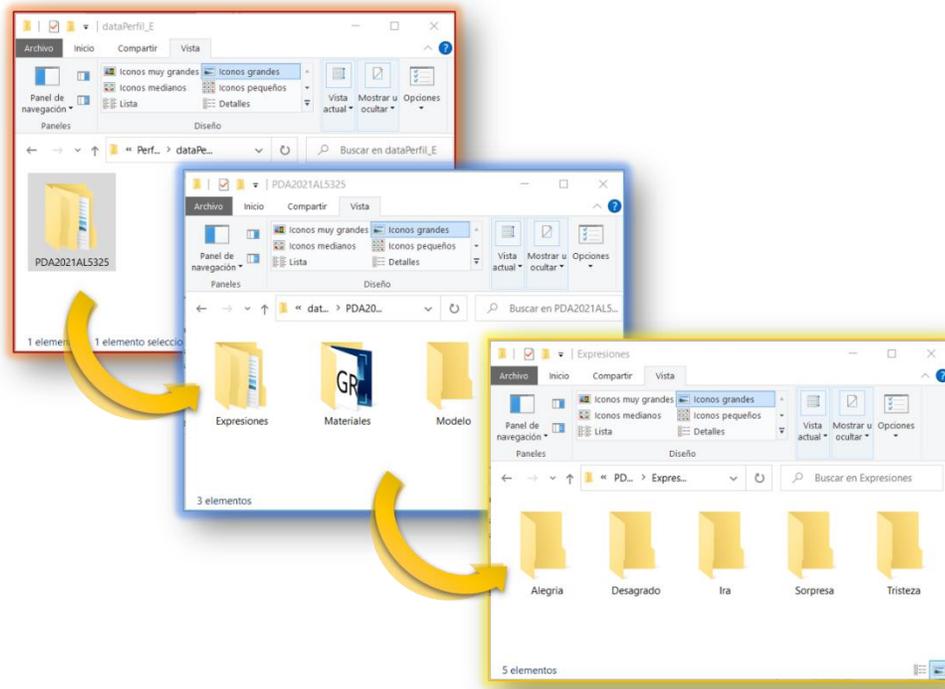


Ilustración 24. Raíz de directorios.

Fuente: Elaboración propia (2020)

El script abre una ventana con la ayuda de Tkinter de 750 por 600 pixeles que servirá de interfaz en la recolección de rostros y su clasificación, el propósito en esta sección es provocar que el alumno tenga una expresión facial inducida por medio de los videos e imágenes propuestos en cada rutina. El margen de error puede ser muy alto ya que para cada alumno los materiales pueden tener diferentes significados y por consecuencia presentar diferentes emociones, como se muestra en la Ilustración 25.



Ilustración 25. Raíz de directorios.

Fuente: Elaboración propia (2020)

En el script se utilizan funciones recursivas que permite la reducción del código; en un principio se crea una función para la apertura de la interfaz llamada función de carga, que como su nombre lo indica prepara los elementos para su primera aparición; una segunda nombrada inicio recolección, en la cual presenta las instrucciones que se deben seguir para realizar lo más adecuadamente posible la captación de los rostros para su clasificación; una tercera de nombre captura rostro y por ultimo entrenando modelo, tal como se muestra en la Ilustración 26.

```

C:\HerfiEstudiante\01_recoleccionExpresiones.py - Sublime Text (UNREGISTERED)
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
01_recoleccionExpresiones.py 02_identificacionExpresiones.py
12 #-----
13 # CREACION DE FUNCIONES
14 #-----
15
16 #-----
17 #REALIZA LA CARGA DE PANTALLAS DE MANERA RECURRENTE
18 #-----
50 > def carga(estatus,textButton, commandButton): =
57
58 #-----
59 #ORDENA LA INTERFAZ PARA REALIZAR LA PRIMERA CAPTURA DE ROSTROS
60 #-----
61 > def inicioRecoleccion(): =
111
112 #-----
113 #REALIZA EL PROCESO PARA EXTRAER LOS ROSTROS DEL VIDEO STREAMING
114 #-----
151 > def capturaRostro(): =
177
178 #-----
179 #REALIZA MODELO EN XML DE LAS IMAGENES CAPTURADAS
180 #-----
193 > def entrenarModelo(): =

```

Ilustración 26. Funciones del script 01_recoleccionExpresiones.py.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Abordando la función número tres de nombre captura rostro servirá para avanzar en cada rutina presentando su respectivo material, aquí es donde se utilizara el clasificador y detector pre entrenado haarcascade_frontalface_default.xml el cual trabaja con tres métodos de detección y entrenamiento (OpenCV, 2021) de los cuales se eligió el método de EigenFaceRecognizer, esto se decidió después de realizar una breve investigación para identificar cuál de ellos proporciona mejores resultados en el reconocimiento facial, en términos de optimización de recursos cual presenta los mejores tiempos de ejecución, por último este método obtuvo los mejores resultados en las pruebas de falsos positivos (Franco, 2017).

La recolección de rostros se realiza del video streaming obteniendo imágenes que se almacenan en cada uno de los directorios respecto a la emoción en la rutina, los rostros se obtienen al realizar un barrido en la imagen del video, como se muestra en la Ilustración 27.

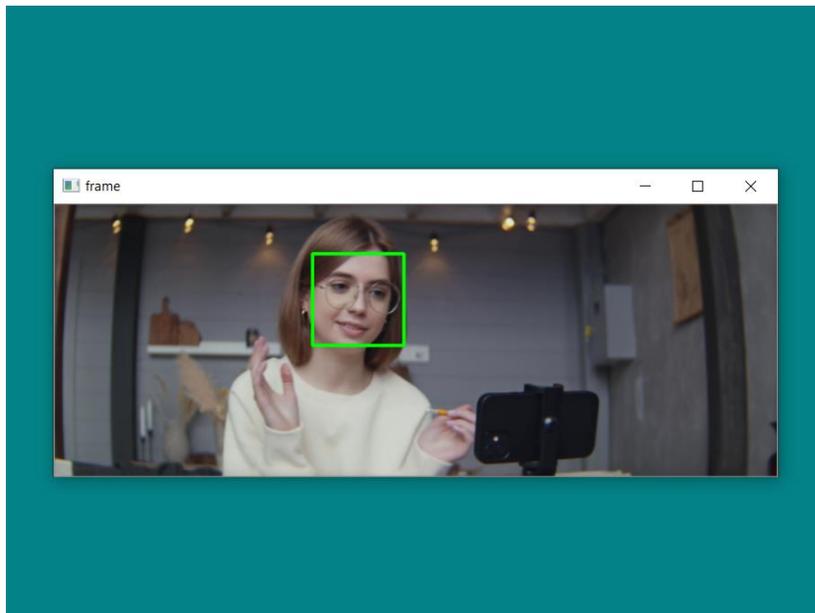


Ilustración 27. Recolección de imágenes desde video streaming

Fuente: Elaboración propia (2021)

A partir de aquí es donde se realizaran múltiples pruebas para encontrar una configuración idónea para reducir los falsos positivos y falsos negativos, esto se puede encontrar en la sentencia `faceClassif.detectMultiScale(gray,1.5,10)`, donde el número 1.5 dentro del paréntesis es un rango que permite solo reconocer rostros grandes omitiendo los pequeños y de poca calidad, dentro del mismo paréntesis se localiza un número 10, este parámetro valida en número de cuadros vecinos que existen alrededor de un rostro, números inferiores a este no serán considerados rostro y se omitirán, en la Ilustración 28 se muestran algunos ejemplos.

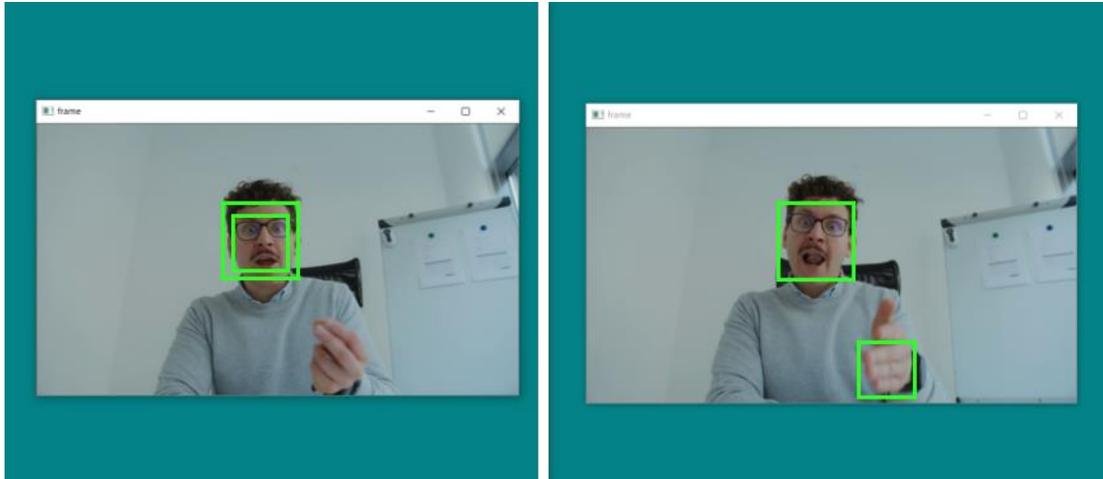


Ilustración 28. Cuadros vecinos y falsos positivo.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Ilustrando un poco el término de cuadros vecinos en la detección de un rostro, la manera de comprenderlo es imaginar el perímetro de un rectángulo que va realizando un barrido en toda la imagen con el propósito de identificar rostros, el nombre correcto del parámetro que desempeña esta función se llama scalefactor, el cual especifica cuánto se reduce el tamaño de este cuadro delimitador en la escala de la imagen, pero ¿Cómo es que esos valores toman sentido en este proceso?, pues bien para explicar esto se presenta la Ilustración 29, en la cual leyendo de abajo hacia arriba simboliza redimensionar la imagen en términos de porcentaje, en un espectro del 99% al 01%, en donde los valores asignados de 1.3 es decir, se reduce el tamaño en un 30% y para en 1.5 se ha reducido el tamaño en un 50%, pero que propósito tiene en la detección, pues bien los rostros que puedan existir en una imagen puede abarcar diferentes áreas, y los valores asignados significan, que rostros menores a esas áreas serán despreciados, permitiendo solo enfocarse en el rostro que mantenga esta dimensión.

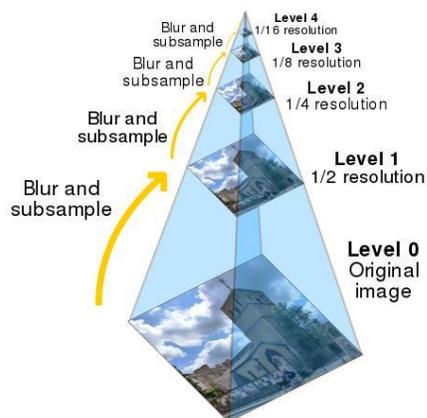


Ilustración 29. Pirámide de imagen.

Fuente: Imagen de internet libre de derechos (2021)

Una vez que se ha comprendido este proceso, el perímetro del rectángulo previamente mencionado ya logra verse con un propósito definido, ahora durante el barrido en la imagen y enfocándose solo en el rostro que encaja en la dimensión asignada, no solo lo detectará una vez, sino que durante el barrido lo detectará más veces, como se muestra en la Ilustración 30, esto es razonable ya que hasta este punto Python no sabe si se trata del mismo rostro, y aún desconoce cuántos rostros existen y el área que ocupan, por eso es necesario especificar cuántos rectángulos existen al rededor del mismo rostro para identificarlo como uno mismo. El nombre que recibe este parámetro es `minNeighbors` y especifica cuántos vecinos debe tener cada rectángulo candidato para retenerlo.

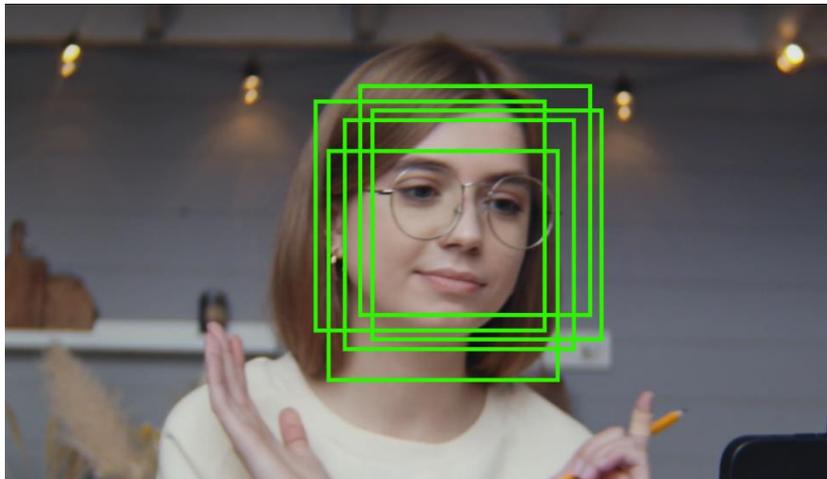


Ilustración 30. Parámetro `minNeighbors`.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Por último, está la función `entrenar modelo`, que como su nombre lo indica servirá para realizar el entrenamiento con la Inteligencia Artificial de OpenCV, es aquí donde todo el trabajo realizado tomará sentido, el haber seleccionado y aplicado los parámetros hará la diferencia para optimizar el rendimiento del servidor, reducir tiempos y maximizar el reconocimiento. Para este paso dentro del proceso de entrenamiento se requiere de especificar el método a utilizar `EigenFaceRecognizer_create`, el entrenamiento se realiza al retomar de los directorios las imágenes que se han clasificado y guardado, y será a través del clasificador que todas esas imágenes se extraerán los rasgos que la identifiquen como una expresión, es necesario calcular el tiempo que tarda al realizar dicha operación, ya que esto dará un parámetro en relación a lo que se ha estado preguntando en torno al rendimiento (ver Ilustración 31). Como producto final será el documento XML del cual tanto se ha abordado, el cual se almacenará en el directorio creado desde el principio en la carpeta `Modelo` con el nombre del ID del alumno como un identificador único e irrepitible.

```

C:\PerfilEstudiante\01_recoleccionExpresiones.py - Sublime Text (UNREGISTERED)
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help
01_recoleccionExpresiones.py 02_identificacionExpresiones.py
273 btnCommand = inicioRecoleccion
274
275 lblTextoAnalizar= Label(root, text='')
276 lblTextoAnalizar.grid(column=1, row=3)
277 lblImgAnalizar= Label(root)
278 lblImgAnalizar.grid(column=1, row=4, columnspan=4)
279
280 carga(0, btnTexto, btnCommand)
281
282 root.mainloop()

Rostr0s: Tristeza/rostro_9_.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_90.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_91.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_92.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_93.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_94.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_95.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_96.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_97.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_98.jpg
Rostr0s: Tristeza/rostro_99.jpg
Entrenando con IA...
Modelo Creado con un tiempo de entrenamiento de 82.66752362251282
[Finished in 191.1s]
Line 17, Column 1 Tab Size 4 Python

```

Ilustración 31. Tiempo de entrenamiento.

Fuente: Elaboración propia (2021)

El segundo script que contempla la fase 2 y 3, que consisten en identificar la expresión y reaccionar a ella, se le nombro 02_identificacionExpresiones.py, lo primero que realiza el script es identificar al alumno que ha ingresado a su sesión, lo hace rescatando su ID que servirá para buscar su directorio, una vez dentro hará uso de los dos directorios existentes de expresiones y de modelo, posteriormente aplicar el método clasificador, es importante mencionar que tiene que ser el mismo que se empleó al realizar el entrenamiento, para el proyecto se utilizó EigenFaceRecognizer_create() el cual servirá para abrir el modelo que se ha creado en el script anterior con el mismo nombre del ID del alumno, como se muestra en la Ilustración 32. Se inicia una sesión de video streaming para identificar la emoción del alumno en ese momento.

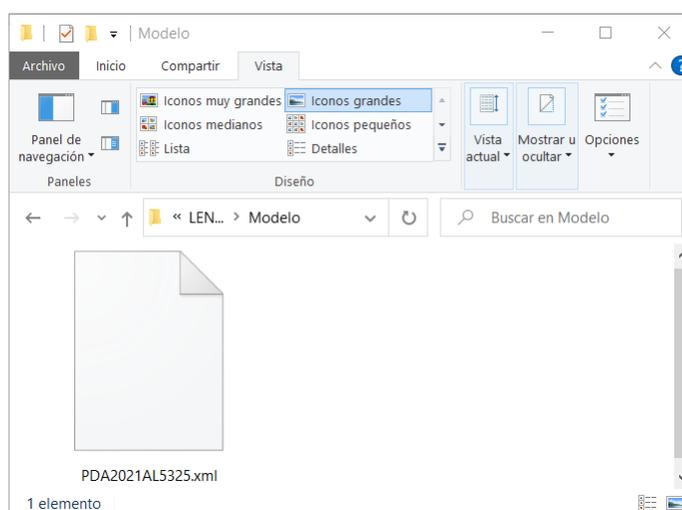


Ilustración 32. Modelo XML.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Al igual que en el script anterior la configuración se tiene que realizar para poder identificar un rostro, esto se realiza en el comando del código `faceClassif.detectMultiScale(gray,1.5,10)`, conservando el mismo valor del primer script, escala de detección de rostros de 1.5, este valor permite reducir los falsos positivos de rostros en la imagen del video streaming, así como el valor de 10 que indica el número de cuadros mínimos que se requieren para que sea reconocido como un rostro. Lo relevante en esta nueva configuración es la adición en el ciclo para la revisión de expresiones donde los valores de que se miden oscilan de más menos 1,000 por el límite inferior a más menos 10,000 por el límite superior, para esta configuración se realizaron múltiples pruebas ya que existen factores que intervienen al momento de medir este parámetro como se muestra en la Ilustración 33.

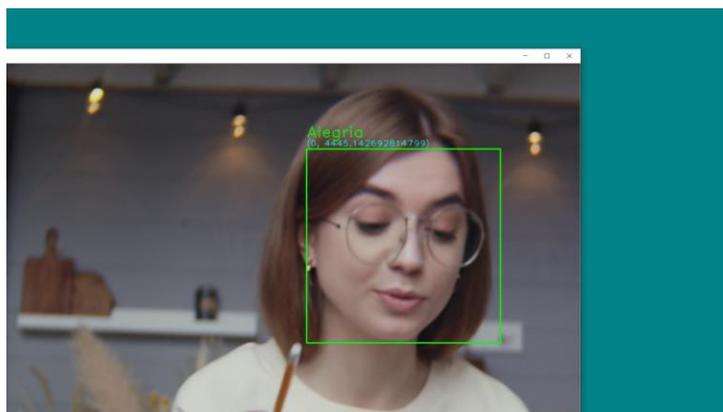


Ilustración 33. Reconocimiento de emoción.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Finalmente se llega a la medición de cuantas veces se ha identificado una expresión a la que necesariamente debe existir una respuesta de parte del script, la propuesta es medir lapsos de 15 min y contar cantas veces ha sido identificado el rostro y asociada a una expresión para en base a los resultados calibrar que en un lapso de tiempo de detecten cierto número de veces la misma expresión, para posteriormente el script pueda emitir una respuesta a ese estímulo, la cual será asociada a los materiales adicionales que el profesor tenga preparados para cada lección.

9 RESULTADOS EXPERIMENTALES

Del estudio y análisis del perfil del estudiante para la implementación en una plataforma de aprendizaje adaptativo en el CU UAEM Valle de Chalco, fue lo que motivó a la búsqueda de tecnología moderna que pudiera incorporar elementos al perfil del estudiante. Seleccionando el estudio a los elementos del SER, en los cuales se profundiza en los psicológicos y emocionales, ambos relacionados y que convergen en el estudio de expresiones faciales en alumnos. Encontrar una clasificación de cuantos tipos de expresiones existen y estas relacionarlas a emociones es el objetivo que se ha encontrado y ha marcado la directriz de esta investigación. Para automatizarlo se requiere de otro elemento adicional y de suma importancia, la incorporación de inteligencia artificial que pueda realizar este proceso de una manera automática, precisa y eficiente.

Una vez que se han definido todos y cada uno de los elementos necesarios para realizar la incorporación del reconocimiento facial al perfil del estudiante, es fácil darse cuenta de que se requiere de algo más, se está hablando de la asignación de secuencia de pasos que se deben de seguir para llegar al fin establecido. Si esto se comparara a un alimento, lo que hace falta es la receta, hasta el momento se conocen los ingredientes y lo que se quiere preparar, pero aún se desconoce como pasar de un punto al otro, por lo que es necesario encontrar esa secuencia de pasos que hacen de puente para concluir con nuestro propósito. Para este proceso pendiente se creará un algoritmo, con su secuencia de pasos definidos y finitos que resuelvan la tarea planteada, este algoritmo se plantea en 3 momentos claramente definidos:

- Captura de expresiones faciales
- Entrenamiento con IA
- Identificación de expresiones por reconocimiento facial

9.1 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE LA CAPTURA DE EXPRESIONES FACIALES

Para realizar la captura de rostro se requiere de iniciar un video a través del comando `cv2.VideoCapture(0,cv2.CAP_DSHOW)` del cual se extraerán las imágenes de las expresiones que el alumno este realizando, proceso que se realiza al implementar un ciclo `while` con la condición de estar recopilando estas imágenes hasta llegar aún número total de 200, en el mismo ciclo se guardan en los directorios que ya se han establecido para su clasificación. Este algoritmo (Ilustración 34) se repite en cada una de las emociones que se desean recolectar.

```

1  CAPTURA DE EXPRESIONES FACIALES
2
3  INICIO
4  |  declaración de variables globales emoción, cap
5  |  Video streaming VideoCapture(videoStreaming)
6
7  |  Método clasificador haarcascade_frontalface_default.xml
8  |  Declaración Contador = 0
9
10 |  MIENTRAS True:
11 |  |  Abre ret, frame = Leer(VideoStreaming)
12
13 |  |  SI ret == False: romper ciclo
14 |  |  Redimensión de video frame = video(width=840)
15
16 |  |  RostrosIdentificados = Escala( área 1.5, cuadros vecinos 10)
17
18 |  |  FOR coordenadas in RostrosIdentificados:
19 |  |  |  AreaRostro(coordenadas)
20 |  |  |  RostrosIdentificados = auxFrame[cordenadas]
21 |  |  |  RostrosIdentificados = Redimensionar(RostrosIdentificados,(250,250))
22 |  |  |  SI emoción == 'Alegria':
23 |  |  |  |  Guardar en directorio (alumnoDirectorioExpresion,RostrosIdentificados)
24 |  |  |  |  ENTONCES SI emoción == 'Ira':
25 |  |  |  |  |  Guardar en directorio (alumnoDirectorioExpresion,RostrosIdentificados)
26 |  |  |  |  ENTONCES SI emoción == 'Desagrado':
27 |  |  |  |  |  Guardar en directorio (alumnoDirectorioExpresion,RostrosIdentificados)
28 |  |  |  |  ENTONCES SI emoción == 'Tristeza':
29 |  |  |  |  |  Guardar en directorio (alumnoDireENTONCES SIioExpresion,RostrosIdentificados)
30 |  |  |  |  ENTONCES SI emoción == 'Sorpresa':
31 |  |  |  |  |  Guardar en directorio (alumnoDireENTONCES SIioExpresion,RostrosIdentificados)
32 |  |  |  |  count = count + 1
33 |  |  |  FIN FOR
34
35 |  |  Proyectar en frame('frame',frame)
36
37 |  |  Contador ciclo = cv2.waitKey(1)
38 |  |  Si Contador ciclo == 27 or count >= 200:
39 |  |  |  Romper ciclo
40 |  |  FIN MIENTRAS
41
42 |  Cierre de ventanas DestroyAllWindows()
43 FIN

```

Ilustración 34. Algoritmo captura expresiones faciales

Fuente: Elaboración propia (2021)

9.2 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE ENTRENAMIENTO CON IA

Una vez que la recolección ha concluido con la captura de expresiones, se realiza el entrenamiento por medio de la inteligencia artificial de OpenCV, para lo cual se requiere de ingresar a los directorios donde se han clasificado todas las imágenes, estas se guardan en un arreglo para posteriormente sean procesadas de manera individual, paso que se realiza a través de un ciclo que analiza las características encontradas en cada rostro, durante esta secuencia se requiere también de especificar el método clasificador con el cual se realizará el entrenamiento, en el código esto se ejecuta bajo esta línea de comando `face_recognizer = cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()`. Como es necesario conocer el tiempo que toma en realizar dicha acción, es necesario rescatar en qué momento se inició el proceso, para que una vez que ha concluido se pueda realizar la sustracción entre

el tiempo inicial menos el tiempo final y de esa manera obtener la duración del entrenamiento, esto se realiza en los comandos `inicio=time.time()` y `tiempoentrenamiento=time.time()-inicio` como se muestra en la Ilustración 35.

```

1  ENTRENAMIENTO CON IA DE OPENCV
2
3  INICIO
4  | Declaración de arreglos arreglo1 = [], arreglo2 = []
5  | Declaración de etiqueta = 0
6  |
7  | Lista de emociones (AlumnoDirectorioExpresiones)
8  |
9  | FOR Emoción en Lista de emociones:
10 | | Directorio = Directorio emocion / Emoción
11 | |
12 | |   FOR Expresión en Directorio:
13 | | |   Identificación de una imagen facesData(Expresion)
14 | | |   arreglo1[etiqueta]
15 | | |   arreglo2[Directorio/Expresion]
16 | | |   FIN FOR
17 | |
18 | |   etiqueta = etiqueta + 1
19 | |
20 | |   Selección del método clasificador cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()
21 | |   FIN FOR
22 |
23 | Inicio = time()
24 | Entrenamiento face_recognizer.train(arreglo2, arreglo1)
25 | Medición del tiempo de entrenamiento = time.time()- inicio
26 |
27 | Guardar modelo face_recognizer.write(modelo.xml)
28 FIN

```

Ilustración 35. Algoritmo entrenamiento con IA

Fuente: Elaboración propia (2021)

9.3 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE IDENTIFICACIÓN DE EXPRESIONES POR RECONOCIMIENTO FACIAL

En la plataforma de aprendizaje, en el apartado de estudio, existirá un botón que habilite y deshabilite la opción de utilizar el módulo desarrollado, hasta este punto ya se cuenta con un modelo previamente entrenado y guardado con el ID del alumno y con la extensión de XML, ahora es cuando se hará uso de él. Primeramente, se manda a llamar el clasificador a implementar para el caso es el de `emocion_recognizer = cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()`, es necesario acceder al directorio donde se encuentra almacenado el modelo ya entrenado, posteriormente se abre un video streaming del cual se van a estar analizando las expresiones, este proceso se ejecuta en un ciclo el cual solo puede ser interrumpido

por el alumno, en este se manda a llamar al video, para redimensionarlo. Es necesario introducir un ciclo anidado el cual este tomando imágenes de las expresiones del alumno y que va a estar comparando con el modelo, en esta parte del código es necesario realizar la comparación a través de un parámetro establecido del rostro del alumno con el del modelo, de tal manera que si se encuentra dentro del rango, este identificará la emoción y la nombrará en la parte superior del cuadro delimitador del rostro, sino lo reconoce solo mencionará que el alumno se encuentra en un estado de reposo refiriéndose que se encuentra en estudio, como se muestra en la Ilustración 36.

```

1  IDENTIFICACIÓN DE EXPRESIONES
2
3  INICIO
4
5  Dictionario del perfil del alumno = './PerfilEstudiante/dataPerfil_E'
6  Llamar Clasificador = EigenFaceRecognizer_create()
7  Video cap = Video Captura(VideoStreaming)
8  ClasificadorRostro = (haarcascade_frontalface_default.xml)
9
10 MIENTRAS True:
11     Abre ret,frame = leerVideo()
12     SI ret == False:
13         Imprimir('Existe algun problema en el video del reconocimiento.')
14         Romper Ciclo
15         frame = RedimensionarFrame(ancho=840)
16         escalaGris = (frame, COLOR_BGR2GRAY)
17         auxFrame = esalacaGris.copy()
18
19         Rostros = ClasificadorRostro.(Area 1.5, Cuadros vecinos 10)
20
21         FOR coordenadas in Rostros:
22             rostro = auxFrame[coordenadas]
23             rostro = Rediemencionar(rostro,(250,250))
24
25             Resultado = Llamar Clasificador(rostro)
26             IntroducirTexto(frame,(Resultado))
27
28             SI Resultado[1] < 4500:
29                 IntroducirTexto(frame,(DirectorioImagenes(Resultado))
30                 Rectangulo(frame)
31             ENTONCES:
32                 cv2.IntroducirTexto(frame,'En Reposo')
33                 cv2.Rectangulo(frame)
34
35             Mostrar('frame',frame)
36
37             Contador2 = cv2.waitKey(1)
38             SI Contador2 == 27:
39                 Romper ciclo
40
41     Cerrar ventanas destroyAllWindows()
42 FIN

```

Ilustración 36. Algoritmo de identificación de expresiones por reconocimiento facial

Fuente: Elaboración propia (2021)

Aunado a lo anterior se presentan resultados de la propuesta de complementar el perfil del estudiante por medio del reconocimiento de emociones. Se presentan dos tablas una del progreso de incorporación de librerías que ayudaron a mejorar la presentación y rendimiento. Las tablas contienen tres versiones de los progresos que se realizaron, no quiere decir que solo se realizaron tres versiones, solo se

muestran las versiones en las que existió un cambio significativo en las líneas de código de cada script y con ella sus resultados. Mientras que en la tabla 17 se muestran el progreso de las librerías de un estado inicial a un estado final y como es que la implementación de ellas contribuye al perfeccionamiento del módulo.

Tabla 17. Comparación de scripts librerías y funciones

ELEMENTOS	VERSIÓN 1	VERSIÓN 2	VERSIÓN 3
LIBRERÍAS	import cv2	import cv2	import cv2
	import os	import os	import os
	import imutils	import imutils	import imutils
	import numpy as np	import numpy as np	import numpy as np
		from tkinter import *	from tkinter import *
		from tkinter import filedialog	from tkinter import filedialog
			from PIL import ImageTk
			from PIL import Image
FUNCIONES	NO	NO	SI

Fuente: Elaboración propia.

En la versión 1 las librerías que se incluyen son las básicas para el funcionamiento entre Python y OpenCV, donde; CV2 se instancia la librería de OpenCV, open source de visión por computador, para el análisis de imágenes, trata la imagen que se obtuvo del video streaming, convirtiéndola a escalas de grises para un desarrollo acertado, contiene IA como un componente potente de aprendizaje automático. Os es una librería que permite realizar operaciones dependientes del Sistema Operativo como crear una carpeta, útil al momento de realizar los directorios de cada nuevo alumno, además de listar contenidos de una carpeta utilizado para guardar las imágenes y posteriormente dar acceso a ellas en las sucesiones en las que se involucran, además de finalizar procesos ya iniciados como los que se realizan al manipular las imágenes. Imutils también sirve para realizar tareas básicas de procesamiento de imágenes de una manera fácil, aplicada a redimensionar el tamaño de las imágenes, además de la capacidad de realiza el mismo proceso sobre videos, para lo cual es muy útil, porque sin importar que tan grande sea el video respecto a su resolución, con esta librería se puede ajustar a un tamaño en el cual su manipulación sea la óptima, en la Ilustración 37 muestra la aplicación de Imutils sobre un video. Y Numpy que brinda soporte al crear vectores y matrices grandes multidimensionales, aplicando esas matrices al proceso de las imágenes en los ciclos dentro del código del script.



Ilustración 37. Aplicación sobre un video de la librería imutils.

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la segunda versión solo se incorporó la librería de tkinter es la interfaz por defecto de Python para los diferentes sistemas operativos, en este punto se generó la interfaz al alumno de la rutina de capturar los rostros para el entrenamiento. Por último, se instaló la librería de PIL o Pillow, su función es manipular la edición de imágenes directamente desde Python, en esta versión se unió con la finalidad de incorporar imágenes dentro de la interfaz de tkinter, como se muestra en la Ilustración 38 permitiendo una interfaz interactiva para realizar dicho proceso.



Ilustración 38. Incorporación de una imagen con pillow.

Fuente: Elaboración propia (2020)

En la tabla 18 se muestran los resultados de la recolección de expresiones y el entrenamiento, se hacen referencias a las mismas versiones como en la tabla anterior.

Tabla 18. Comparación de scripts en parámetros métricos

ELEMENTOS	VERSIÓN 1	VERSIÓN 2	VERSIÓN 3
NÚMERO DE EMOCIONES	1	5	5
NÚMERO DE IMÁGENES	300	1,500	1,000
ESCALA DE IMÁGENES	1.3	1.3	1.5
NÚMERO DE CUADROS VECINOS	5	5	10
TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	5.9 SEGUNDOS	296.9 SEGUNDOS	91.1 SEGUNDOS

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentados en la tabla anterior son progresivos y hasta cierto punto mejorales, en la primera versión el script solo contenía código para poder reconocer la expresión facial de una sola emoción y capturar 300 imágenes a una escala de 1.3 y con tal solo 5 cuadros mínimos vecinos al rostro, estos tres indicadores fueron útiles en un principio y aun el tiempo de 5.9 que tardó en realizar el entrenamiento y proporcionar el modelo en XML era considerable. En una segunda versión puede apreciarse en la tabla que se incorporaron las 5 expresiones de universalidad, considerando aun la captura de 300 imágenes por expresión, que resulta un total de 1,500 imágenes, a una escala de 1.3 y de 5 cuadros mínimos vecinos para reconocimiento de rostro, lo que incremento el tiempo a 269.5 segundos al momento del entrenamiento y proporcionar el modelo XML. La tercera versión contempla las 5 expresiones de universalidad, reduciendo la captura a 200 imágenes por expresión, a una escala de 1.5 y de 10 cuadros mínimos vecinos para reconocimiento del rostro, minimizando los tiempos de entrenamiento a 83.3 segundos como se muestra en la Ilustración 39.

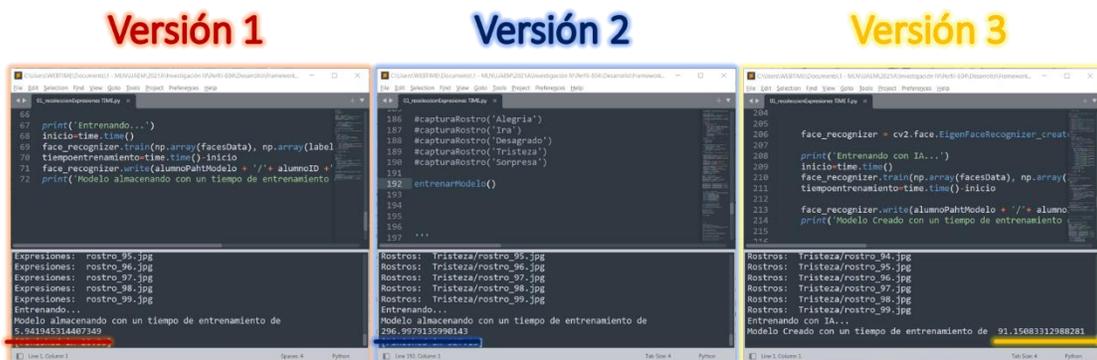


Ilustración 39. Tiempos de entrenamiento.

Fuente: Elaboración propia (2020)

Realizando un análisis entre la versión 1 y 2, el incremento en las imágenes por cada una de las emociones aumento de manera considerable el tiempo de entrenamiento, los que significa una demanda mayor de recurso al servidor. El análisis de la versión 2 y 3, partiendo de los resultados obtenidos de la versión 2 y el consumo de recursos al servidor, se tuvo que realizar un ajuste que permitiera

reducir esa demanda, los ajustes en la versión 3 permitieron minimizar los tiempos de entrenamiento, además de reducir el número de imágenes para realizar dicho proceso, en ambos casos reduciendo la demanda de recursos al servidor. Pero al reducir estos parámetros se pudiera pensar que se reduciría la calidad al momento del entrenamiento, lo cierto es que el incremento de los parámetros de escala de 1.5 y del número mínimo de cuadros vecinos a 10 sopeso y podría decirse que se optimizó al momento del entrenamiento, pero este punto puede aclararse de una mejor manera al ver los resultados presentados en la Tabla 19.

Tabla 19. Comparación de scripts en parámetros métricos

ELEMENTOS	VERSIÓN 1	VERSIÓN 2	VERSIÓN 3
NÚMERO DE EMOCIONES	1	5	5
ESCALA DE IMÁGENES	1.3	1.3	1.5
NÚMERO DE CUADROS VECINOS	5	5	10
UMBRAL DE RECONOCIMIENTO	VALORES DE 5000	VALORES DE 5000	VALORES DE 4500

Fuente: Elaboración propia.

Las dos primeras versiones de los scripts muestran resultados similares ya que van relacionados respecto a la configuración del script anterior, por lo que solo se hará el análisis respecto a la versión 3. Al incluir en la configuración el valor de la escala a 1.3 fue con la intención de contemplar la presencia de un rostro en un tamaño muy pequeño, propuesta produjo resultados no muy favorables, ya que, al reducir la identificación de un rostro a esta escala aunado a tan solo 5 cuadros mínimos vecinos, lo que propicio fijar en el parámetro de reconocimiento el valor de 5000, el resultado fue la presencia de múltiples falsos positivos. Por lo que en la tercera versión también se trabajaron los parámetros como se hizo en el primer script al incrementar la escala a 1.5 y a 10 el número mínimo de cuadros vecinos, gracias a esta configuración se pudo reducir el parámetro de reconocimiento al valor de 4500, aumentando la certeza de identificación en las 5 expresiones de emoción y minimizando los falsos positivos.

Como la autora Vélez (2009) menciona que deben ser modeladas múltiples situaciones, en las que se consideres las tres dimensiones y a partir de esta consideración establecer puntos de implementación para que de manera coordinada se unan esfuerzos y proporcionen soluciones.

10 CONCLUSIONES

A manera de conclusión se presentan los resultados obtenidos no como un producto final, sino, como una versión prototipo de la propuesta de un módulo que realiza el análisis de expresiones faciales, al clasificarlas y relacionarlas a los cinco estados emocionales que afectan la dirección del pensamiento, de cómo se alcanzó el objetivo de Diseñar el algoritmo del perfil del estudiante con tecnología de inteligencia artificial, integrando el reconocimiento de expresiones faciales y que sea compatible con la mayoría de plataformas adaptativas de comunidades de aprendizaje.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los que el autor Franco (2017) respecto al método empleado de EigenFaceRecognizer y los resultados que se han obtenido. Se presenta un contraste con autores que utilizaron el método Eigenfaces. Respecto al trabajo del autor Julián (2018) la aplicación del método de Eigenfaces reconoció en su investigación en un 100% a todas sus pruebas de solo probar el método y su eficiencia, es posible llegar al porcentaje del autor, aunque para ello se requiere de ajustar los parámetros, todo dependerá del objetivo que se esté buscando, con el mismo método aplicado el módulo el porcentaje de reconocimiento alcanzo el 80% ya que existen factores externos como el ambiente y la iluminación para llegar a un porcentaje mayor.

El autor Puthea (2020) implementa el método de Eigenfaces para realizar el pase de lista en una clase por medio del reconocimiento del alumno en la cual se configura la detección del método para poder reconocer más de 200 características y obteniendo excelentes resultados, realizando un contraste con el modelo desarrollado solo se espera un rostro a identificar, en el caso que el autor Porea presenta es el reconocimiento de múltiples rostros en una misma imagen afirmando la eficiencia del método seleccionado.

En el artículo de Ottado (2010) realiza una comparación de métodos entre Eigenfaces y FisherFaces, los resultados que se obtuvieron muy similares aun qué en la investigación del autor el método de FisherFaces le dio mejores resultados, aunque se considera que todo dependerá del propósito de aplicación y de la configuración de los parámetros para cualquier método a implementar.

10.1 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El trabajo de investigación deja la puerta abierta para realizar mejoras al producto que se presenta, dejando en claro que se trató del desarrollo de un prototipo, no con ello restándole importancia a todo el proceso de fundamentación y desarrollo. Pero es preciso decir que conforme pase el tiempo las herramientas empleadas en la metodología de desarrollo pasarán a formar parte de la tecnología obsoleta. Nada es para siempre, todo en este mundo caduca para formar parte de un olvido colectivo.

Como en la película que dirigió Kevin Feige (2008) en la que dice ¿enserio crees que por que tuviste una idea, esta te pertenece?, lo cierto es que propuestas como esta, son ideas que se escriben y se publican con la intención de que sirvan y tengan utilidad en el futuro, si han de ser lo suficientemente buenas abran de permanecer en las líneas del tiempo y en el mejor de los casos trascender.

En la investigación hay mucho por lo que vale la pena seguir trabajando, profundizar y mejorar el prototipo, ya que existen factores que intervienen en el proceso que pudieran modificar los resultados, un ejemplo de ello es la claridad del video en la cual interviene la iluminación del lugar al momento del entrenamiento y del reconocimiento, aunado a esto la resolución de la cámara. Lo cierto es que el prototipo es muy amigable además de flexible por poseer un espectro amplio de características a optimizar, todo dependerá del estudio al que se oriente, para la investigación se limitó a modelar y complementar el perfil del estudiante, sin embargo, el producto prototipo tal como se encuentra pudiera incorporarse a múltiples proyectos.

Por último, se concuerda con el autor Puthea (2020) quien afirma que siempre existirá la posibilidad de obtener mejores resultados respecto al progreso de la tecnología.

11 REFERENCIAS

- ABC. (2019). La inteligencia artificial reducirá los suspensos y el abandono en la universidad. Obtenido de <https://n9.cl/macsko>
- Alfonseca, M. (2014). ¿Basta la prueba de Turing para definir la “inteligencia artificial”? Obtenido de <https://n9.cl/ybfik>
- Alvarez, A. (7 de 05 de 2021). *Netmind*. Obtenido de Historias de Usuario: qué son, reglas y consejos.: <https://netmind.net/es/historias-de-usuario-reglas/>
- Amazon. (2019). Videos e imágenes. AWS. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/rekognition/>
- APTUS, M. (2020). ¿Cómo se relacionan la inteligencia artificial y la educación? Obtenido de <https://aptus.com.ar/como-se-relacionan-la-inteligencia-artificial-y-la-educacion/>
- Arias, F. J. (2011). *Inteligencia Artificial Distribuida: Conceptos y Aplicaciones*. Obtenido de <https://n9.cl/0lsr7>
- Brianza, A. (2019). *e Inteligencia Artificial. Título: Diseño y Creación, 177*. Obtenido de <https://n9.cl/zcm9>
- Briega, R. (10 de 03 de 2021). *Iaarbook.github.io*. Obtenido de Visión por computadora - Libro online de IAAR: <https://iaarbook.github.io/vision-por-computadora/>
- Castells, M. (2004). *La era de la información: economía, sociedad y cultura (Vol. 3)*. siglo XXI. Obtenido de <https://n9.cl/31whn>

Castro, R. (2016). Creación de un sistema adaptativo del perfil del estudiante (Maestría en ciencias de la computación). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA ES ESTADO DE MÉXICO*.

Cataldi, Z. &. (2010). Modelado del estudiante en sistemas tutores inteligentes. TE & ET. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/14197/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chavarría, A. E. (2016). Aseguramiento de la Calidad en el Proceso de Desarrollo de Software utilizando CMMI, TSP y PSP. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 62-77. Obtenido de http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?pid=S1646-98952016000400006&script=sci_arttext&tlng=es

Conejo, R. M. (2001). Modelado del alumno: un enfoque bayesiano. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 50-58. Obtenido de <https://n9.cl/081jz>

Cuesta, G. (17 de 02 de 2021). *OpenExpo Virtual Experience 2021*. Obtenido de Descubre las tecnologías más utilizadas para el análisis de las emociones faciales: <https://openexpo europe.com/es/descubre-las-tecnologias-mas-utilizadas-para-el-analisis-de-las-emociones-faciales/>

Dreyfus, H. L. (1965). *Alchemy and Artificial Intelligence*. Obtenido de <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2006/P3244.pdf>

- Duran, D. F. (2020). Recommender system of educational resources based on learning goals and open linked data browsing. [Sistema de recomendación de recursos educativos basado en metas de aprendizaje y razonamiento en datos abiertos enlazados]. *RISTI - Revista Iberica De Sistemas e Tecnologias De Informacao*(E32), 1-13. Obtenido de <https://search.proquest.com/openview/bfe21dc96eab6a1d2a540643cf6542f0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Ekman, P. &. (1981). Expresiones faciales de la emoción. *Estudios de psicología*, 115-144. Obtenido de Recuperado de sitio web: http://www.academia.edu/download/49320332/Paul_Ekman_-_Estudio_Expresiones_Faciales_De_La_Emocion.pdf
- Feige, K. (Productor), Lee, S. (Escritor), & Favreau, J. (Dirección). (2008). *Iron Man: el hombre de hierro*. [Película]. Estados Unidos.
- Ferrer, R. M. (2017). Entrevista a Ramón López de Mántaras. *Dilemata*, 301-309. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6066830.pdf>
- Franco, C. &. (2017). Reconocimiento Facial Basado en Eigenfaces, LBHP y Fisherfaces en la beagleboard-xM. *Revista colombian de tecnologia avanzada*, 145-152.
- Gabriel, C. (17 de 02 de 2021). *OpenExpo Virtual Experience 2021*. Obtenido de Descubre las tecnologías más utilizadas para el análisis de las emociones faciales: <https://openexpoeurope.com/es/descubre-las-tecnologias-mas-utilizadas-para-el-analisis-de-las-emociones-faciales/>

- González G., H. M. (2009). Modelo dinámico del estudiante en cursos virtuales adaptativos utilizando técnicas de inteligencia artificial. *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70148>
- González, A. J. (2007). Ingeniería de Software: Metodologías. Obtenido de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo329/1s10/lectures/SoftwareEngineeringParte2.pdf>
- Heraldo, d. M. (2020). Así es el primer fármaco creado mediante inteligencia artificial. Obtenido de <https://heraldodemexico.com.mx/tendencias/primer-farmaco-creado-con-ia-2020/>
- Hernán, S. M. (2004). Diseño de una metodología Ágil de Desarrollo de Software. *Doctoral dissertation, Tesis de Grado de Ingeniería en Informática. Universidad de Buenos Aires.*, 11-12.
- Humphrey, W. S. (2005). Psp (sm): a self-improvement process for software engineers. Addison-Wesley Professional.
- Julián, F. G. (2018). Reconocimiento facial por el método de eigenfaces. *Pistas Educativas*, 39(127). Obtenido de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1068>
- Llumiquinga, S. H. (2008). Desarrollo de un sistema informático para los procesos de cosecha y post-cosecha de la camaronera Pampas de Cayanca. *Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1072>

- Londoño, O. N. (2016). Guía para construir estados del arte. Obtenido de Recuperado de <https://iconk.org/docs/guiaea.pdf>
- López, R. (2018). Cap a la intel·ligència artificial. Mètode Universitat De València. Obtenido de <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/hacia-la-inteligencia-artificial.html>
- OpenCV. (30 de 04 de 2021). *OpenCV Visión por computadora de código abierto*. Obtenido de Reconocimiento facial con OpenCV: https://docs.opencv.org/3.4/da/d60/tutorial_face_main.html
- Opportimes, R. (2018). La logística y su vínculo con la inteligencia artificial y la milicia. Obtenido de <https://www.opportimes.com/la-logistica-y-su-vinculo-con-la-inteligencia-artificial-y-la-milicia/>
- Ottado, G. (2010). Reconocimiento de caras: Eigenfaces y Fisherfaces. Reconocimiento de caras: Eigenfaces y Fisherfaces. Obtenido de https://eva.fing.edu.uy/file.php/514/ARCHIVO/2010/TrabajosFinales2010/informe_final_ottado.pdf
- Palacio, O. L. (2016). Guía para construir estados del arte. International Corporation of Networks of Knowledge,. <http://www.iconk.org/docs/guiaea.pdf>.
- Peñalvo, F. J. (2005). Estado actual de los sistemas e-learning. Teoría de la Educación. *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2010/201021055001.pdf>
- Pérez, H. C. (1999). El reconocimiento de la expresión facial de las emociones. *Salud Mental*, 17-23. Obtenido de <https://n9.cl/sc73z>

- Peter, B. &. (2002). From adaptive hypermedia to the adaptive web. *Communications of the ACM*.
- Ponce, J. &.-A. (2014). *Inteligencia Artificial. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos*. doi:10.13140/2.1.3720.0960
- Pressman, R. S. (1988). *Ingeniería del software*. Obtenido de <https://n9.cl/f7ru>
- Puello, P. O. (2014). Metodología para el Diagnóstico de Prácticas del Modelo Proceso Personal de Software. *Información tecnológica*, 57-66. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000200007&script=sci_arttext&tlng=e
- Puigvert, L. &. (2006). La transformación de centros educativos en comunidades de aprendizaje: Calidad para todas y todos. *Revista de Educación*, 169-176. Obtenido de <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/125343>
- Puthea, K. H. (2020). The Attendance Marking System based on Eigenface Recognition using OpenCV and Python. *Journal of Physics: Conference Series*, 01-13. doi:10.1088/1742-6596/1551/1/012012
- Python, S. (24 de Octubre de 2020). *Python*. Obtenido de Welcome to Python.org: <https://www.python.org/>
- Rich, E. (1994). *Inteligencia Artificial*. Madrid: McGraw Hill.
- Rodríguez M., P. A. (2012). Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante. *Avances: Investigación en Ingeniería*,

71-81. Obtenido de

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2737/2157>

Rodríguez, H. (15 de 04 de 2021). *Crehana*. Obtenido de ¿Qué es OpenCV y para qué sirve?  [2021]: <https://www.crehana.com/mx/blog/desarrollo-web/que-es-opencv/>

Rodríguez, J. S. (2005). Plataformas tecnológicas para el entorno educativo. *Acción pedagógica*, 18-24. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2968980.pdf>

SERVICES, W. (17 de 04 de 2020). *Inteligencia artificial débil vs fuerte: ¿hasta dónde llega la tecnología? (infografía)*. . Obtenido de xataka: <https://ecosistemahuawei.xataka.com/inteligencia-artificial-debil-vs-fuerte-donde-llega-otra-infografia/>

Singh, H. &. (2002). Demystifying e-learning standards. *Industrial and Commercial Training*, 62-65. Obtenido de http://resume.sabnis.tripod.com/Demystifying_elearning.pdf

Solano, G. (4 de 5 de 2020). *Home » omes-va.com*. Obtenido de Home » omes-va.com: <https://omes-va.com/>

TEC, O. D. (2018). Inteligencia artificial la revolución que apenas comienza. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9999>

UNESCO. (2020). *La UNESCO premia proyectos de Brasil y España*. Obtenido de UNESCO: <https://news.un.org/es/story/2020/05/1474422>

- VanLehn, K. (1988). Student modeling. M. Polson and M. Richardson (eds.). *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale,. *Lawrence Erlbaum Associates*, 55-78.
- Vargas, J. D. (2016). Inteligencia emocional y percepción de las emociones básicas como un probable factor contribuyente al mejoramiento del rendimiento en las ventas: Una investigación teórica. *Universitas Psychologica*, 73-86. Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revPsycho/article/view/8693>
- Vélez, J. (2009). *Entorno de aprendizaje virtual adaptativo soportado por un modelo de usuario integral*. España: Universitat de Girona.
- Woolridge, M. &. (2001). *Introduction to Multiagent Systems*. New York, NY, USA: JohnWiley & Sons.
- Zaforas, M. (3 de 4 de 2020). *Inteligencia Artificial como servicio: reconocimiento de imágenes*. Obtenido de paradigma digital: <https://www.paradigmadigital.com/techbiz/inteligencia-artificial-servicio-reconocimiento-imagenes/>