International Journal of Innovation and Scientific Research
ISSN 2351-8014 Vol. 25 No. 1 Jun. 2016, pp. 130-140
© 2015 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijisr.issr-journals.org/

Análisis de estudio de casos para estimar la edad basado en detección de rostros en las imágenes digitales

[Case study analysis to estimate the age based on face detection digital images]

Luis Enrique Colmenares-Guillen[1-2], Francisco Javier Albores Velasco[2], and Omar Gonzalo Ledo Moreno[1]

[1]Facultad de Ciencias de la Computación,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Puebla, Puebla, México

[2]Facultad de Ingeniería y Tecnología,
Universidad Autónoma de Tlaxcala,
Apizaco, Tlaxcala, México

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Age estimation based on face detection, is one of the different areas of study within digital images and is widely used by researchers and the by the different technological applications. Consequently, the present research focuses on studying the methods and the most important trends on age classification based on different analyzes of the main facial characteristics of a person such as the proportions of the face, identifying wrinkles, drooping eyelids, and fiducial points, among others. With these data, and using computational learning algorithms, better known as support vector machines and artificial neural networks, an analysis of some classification processes it is performed. Some age estimators such as OpenBR and Face API were also tried in order to obtain solutions that help generate new proposals for age estimation. Determining the age of people can be of assistance for marketing studies; for selecting contents suitable to certain age groups; for systems based on human interactions; and the probable detection of child pornography, which help to prevent criminal content subsisting on the web.

KEYWORDS: Age estimation, face detection, anthropometric model, age classification, human faces.

RESUMEN: La estimación de edad, basado en rostros es una de las diferentes áreas de estudio dentro de las imágenes digitales y que es ampliamente utilizado por investigadores y por las distintas aplicaciones tecnológicas. Por consiguiente, el presente trabajo de investigación se enfoca a estudiar los métodos y tendencias más importantes de clasificación de edad basado en diferentes análisis de características principales faciales de una persona como pueden ser: las proporciones de la cara, identificación de arrugas, caída de parpados, puntos fiduciales, entre otros. Con estos datos, se lleva a cabo el análisis de algunos procesos de clasificación, utilizando algoritmos de aprendizaje computacional mejor conocidos como máquinas de soporte vectorial y redes neuronales artificiales. También, se efectuaron, algunas pruebas de los estimadores de edad, como OpenBR y Face API, para obtener soluciones que ayuden a generar nuevas propuestas para estimar la edad. Determinar la edad de las personas puede transformarse en una gran ayuda, para estudios de mercadeo, para la selección de contenidos aptos para ciertos grupos etarios, para sistemas que se basan en interacciones humanas y para posible detección de pornografía infantil que ayude a prevenir contenidos delictivos que existen en la web.

PALABRAS-CLAVE: Estimación de edad, detección de rostros, modelo antropométrico, clasificación edad, rostros humanos.

Corresponding Author: Luis Enrique Colmenares-Guillen

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, los rostros humanos son una fuente de información importante que traen consigo un verdadero impacto dentro de las comunicaciones sociales, ya que los rostros representan información propia sobre un individuo. Al extraer los datos se pueden llegar a concretar información que nos determinen el estado de animo de una persona o experiencias de su propia vida [18].

Un rostro humano tiene una gran cantidad de información útil, que está sumamente relacionada a la identidad de las personas, ya que los rostros, nos puede brindar valiosa información para conocer su edad, genero, grupo étnico, entre otros datos [10]. Por tal motivo, este problema ha inspirado a investigadores, quienes han dedicado al análisis de imágenes faciales, porque es una intensa área de investigación, con énfasis especial en la identificación facial, la extracción de características de un rostro, clasificación de género y hasta expresiones faciales. Aunque, ya que es un tema apenas explorado, hay muy poca información y trabajos que se dediquen al tema de estimación de edad [17].

El desarrollo de un modelo general para la apariencia facial debe considerar ciertos atributos que caracterizan cualquier rostro, como: la textura de la piel, la forma de la cara, puntos fiduciales [9].

El envejecimiento humano conlleva a un conjunto de alteraciones inevitables e irreversibles que se provocan con el paso de los años, comprende de la reducción de flexibilidad de los tejidos, perdida de colágeno y grasa en tejido subcutáneo, entre otros, esto hace que la piel se empiece a abolsar provocando pliegues y arrugas, la caída de la punta nasal, caída de dientes, y normalmente estos signos empiezan a surgir a partir de los 30 años de edad [16].

Las diversas posturas, expresiones, la iluminación y otros factores como el maquillaje, las degradaciones causadas por la falta de definición en la imagen, entre otras, también son algunas de las causas que hacen que conocer la edad de una persona por medio del reconocimiento de rostros sea un proceso muy complejo [9]. Además, a estas dificultades se le agregan otras, que hacen variar también los resultados, como el estilo de vida, los genes, hasta el medio ambiente, hacen que la construcción de un modelo universal de clasificación de edad sea una tarea compleja.

Algunas aplicaciones prácticas que se puede utilizar la detección de rostros, son: las limitaciones de edad para comprar bebidas alcohólicas o cigarros, videojuegos, películas, conducir un coche, acceso a páginas web de contenido para adultos, detección de pornografía infantil, entre otros [19].

2 ESTIMACIÓN DE EDAD

La estimación de edad se puede definir como la determinación del grupo etario o la edad de una persona. La edad se puede determinar de muchas maneras, pero esta investigación se refiere a la estimación de la edad sobre imágenes bidimensionales de rostros humanos.

Según Geng [1], hay varios tipos de edad:

- La edad cronológica se define como el número de años que una persona ha vivido.
- Apariencia es la información acerca de la edad, definida por la apariencia de una persona.
- La edad percibida se define por la respuesta de otras personas que se basan sobre la apariencia de una persona.
- La edad estimada definida por un ordenador basada en la apariencia de las personas.

El objetivo de la estimación de la edad, es que la edad resultante, sea lo más cercano posible a la edad real o cronológica de una persona.

3 CAMBIOS FACIALES QUE OCURREN DURANTE EL CRECIMIENTO Y EL ENVEJECIMIENTO

Geng [1], en su trabajo sobre la estimación de la edad reconoce dos etapas del envejecimiento facial. La primera fase, los primeros años, que se define como el tiempo transcurrido, desde el nacimiento hasta la edad adulta. En esta etapa, la mayoría de los cambios se deben a el crecimiento cráneo-facial como se ilustra en Fig. 1.

- La barbilla se hace más prominente.
- Las mejillas se extienden sobre un área más grande.
- Características del rostro aumentan y cubren los espacios.
- La frente cae de nuevo, reduce el espacio libre en la superficie del cráneo.

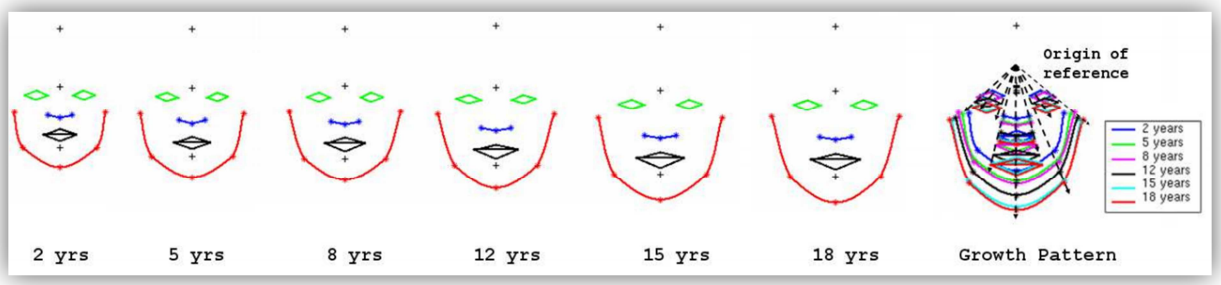

Fig. 1. Crecimiento cráneo-facial hasta antes de llegar a la etapa adulta [6].

Además de los cambios causados por el crecimiento cráneo-facial, se producen cambios menores en la piel [1], como:

- El vello facial se hace más denso y cambia de color.
- Se producen cambios en el color de la piel.

La segunda fase del envejecimiento facial, reconocido por Geng [1], es en la edad adulta. La edad adulta se define como el tiempo desde el final del crecimiento hasta la vejez. Los principales cambios en esta etapa son los cambios en la textura de la piel. La piel se vuelve más delgada, más oscura, menos elástica y más correosa. Además, las arrugas, las mejillas hundidas y bolsas bajo los ojos aparecen.

4 MODELOS DE REPRESENTACIÓN FACIAL

Según Saravia [2], existen cinco diferentes enfoques que se utilizan, como modelos para la representación facial y son:

a) Modelos antropométricos:

Su objetivo es obtener una aproximación de la edad e implementar simulaciones para recolectar los cambios de la apariencia con el paso del tiempo. La antropometría facial, es la ciencia de medir el tamaño y las proporciones de un rostro humano. Este modelo es útil para las personas jóvenes, y no para los adultos. Este modelo tiene en cuenta únicamente la geometría de la cara, sin la información sobre textura [11]. El modelo antropométrico propuesto para un rostro frontal humano está compuesto por 32 parámetros que se obtienen a partir de un grupo de 18 puntos de referencia [6], como se observa en la Fig. 2.

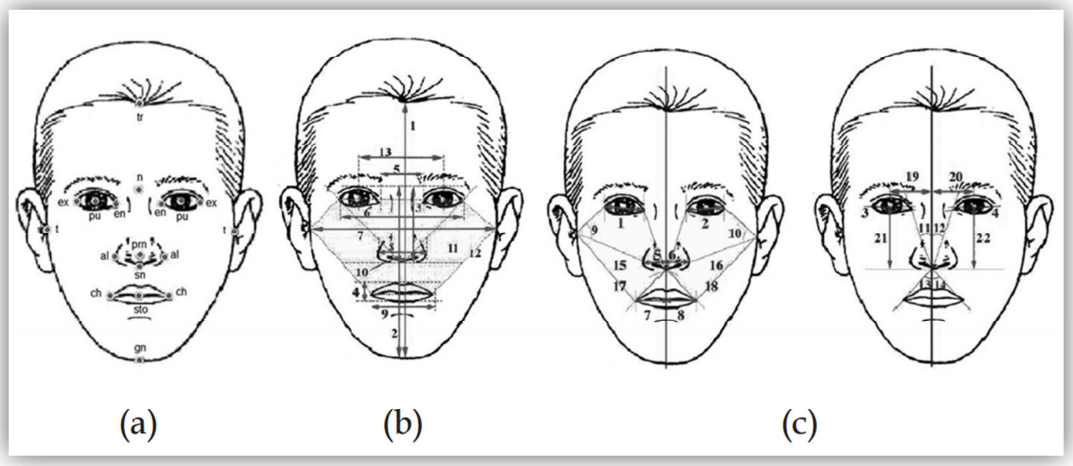

Fig. 2. Parámetros antropométricos [14]: (a) Puntos de referencia [15]; (b) Parámetros antropométricos del modelo de un rostro frontal [15]; (c) Medidas para realizar la evaluación de la simetría facial [15]

b) Modelo activo de apariencia:

Son ampliamente utilizados como una característica para la estimación de edad. A diferencia del modelo antropométrico, este modelo no está orientado sólo a las personas más jóvenes, pero se ocupa de la evaluación de la edad de las personas de todas las edades. Funciona, utilizando la geometría del rostro humano y su textura. De esta manera la edad de una persona puede ser estimado con mayor precisión [11].

c) Colectores de edad:

En este modelo la estructura subyacente de la edad facial, se proyecta en un espacio de características de dimensión menor [2].

d) Modelos basados en características:

Estos modelos describen la edad del rostro con un conjunto de texturas con características discriminantes locales tales como la boca, la nariz, los ojos y tiene un clasificador estructural. A comparación de otros modelos son menos sensibles a algunas variaciones de luz, puntos de vista e inexactitudes en la localización de la cara, pero sus técnicas de extracción de características deben ser precisas y confiables para tener una buena respuesta de salida [13].

e) Modelos de simulación de edad.

Este modelo tiene valores críticos como la posición del rostro, su expresión, y la iluminación. Es capaz de realizar tareas complejas que se encuentran interrelacionadas y la muestra mediante la realización de finitas combinaciones en cuestión de segundos [12].

Como el objetivo de este trabajo de investigación es identificar a un menor de edad, el uso de un análisis antropométrico es el más viable, ya que, es más eficiente para el cálculo de la edad en personas jóvenes.

5 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo un clasificador de edad y usando únicamente el rostro de una persona, la investigación utilizara un esquema genérico como se muestra en Fig. 3, que consta de los siguientes pasos:

- En un principio se tiene una imagen de entrada, que es una imagen bidimensional de un rostro humano.
- Enseguida, la imagen debe pasar por un pre-procesamiento, con el fin de mejorar el contraste, eliminar lo que no se utilizara: en esta fase, los datos de entrada como de salida son imágenes.
- Después se busca la ubicación de los principales rasgos faciales, los puntos de interés como son los ojos, mejillas, boca, barbilla, nariz y punto más alto de la frente.
- Se lleva a cabo una extracción de datos de los puntos de interés, la meta de la extracción de características faciales es para realizar el cálculo de razones entre las diversas distancias del rostro humano, es decir, realiza un análisis antropométrico del cual, se puede hacer una aproximación de la edad de la persona.
- Se hace una clasificación.
- Finalmente, se entrega el resultado final en este caso, el resultado de la estimación de la edad de la persona.

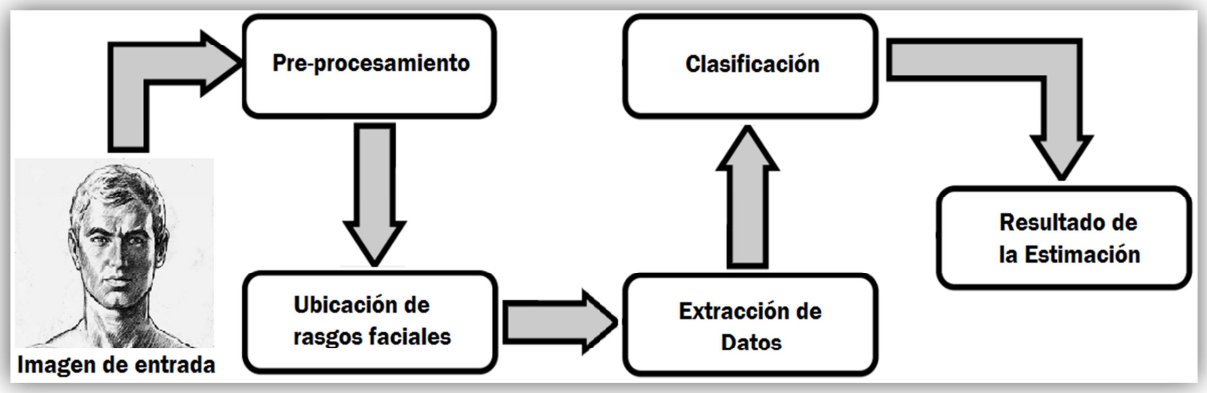

Fig. 3. Esquema genérico para la clasificación de edad

6 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN

La etapa más importante después hacer el pre-procesamiento de la imagen, es la ubicación de los principales puntos faciales y la extracción de los datos, el punto definitivo consiste en el proceso de clasificación para poder dar una aproximación final acerca de la edad que se va a calcular.

La implementación de redes neuronales es la técnica más utilizada para este tipo de trabajos, pero los métodos de clasificación se extienden a:

6.1 CLASIFICACIÓN VÍA REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA):

Las RNA intentar simular las redes neuronales biológicas de nuestro cuerpo y han servido para conocer estrategias de solución que se basan en ejemplos de algún comportamiento típico; este tipo de clasificador no necesita que la tarea que se va a ejecutar se programe, sino que aprenden de la experiencia y se generalice. Su etapa de aprendizaje puede que sea supervisado o no, siempre y cuando se use un conjunto de datos para el entrenamiento [3]. La red Feedforward es la más conocida y empleada para este tipo de clasificación, está formada de una capa de entrada (tiene igual número de neuronas como de atributos que se definan), una o varias capas ocultas y una última de salida (donde se encuentra el valor o valores obtenidos de la estimación), como se observa en la Fig. 4. Sus unidades son llamadas neuronas, que hacen operaciones matemáticas simples. Su organización hace que las neuronas de entrada puedan transmitir señales a las neuronas de salida por medio de las ocultas [5].

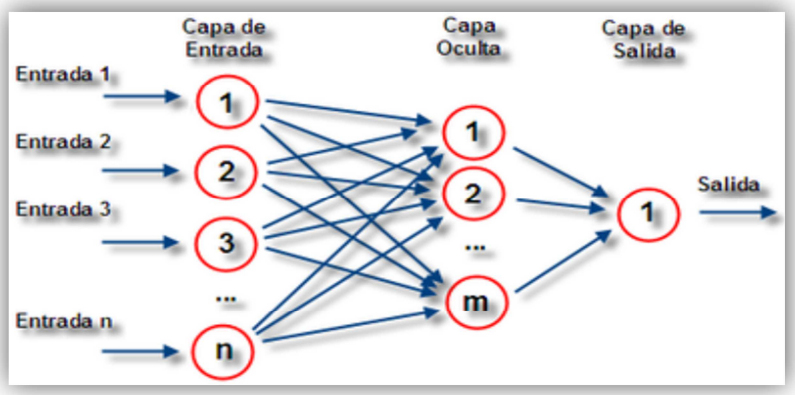

Fig. 4. Ejemplo de red neuronal [5]

6.2 CLASIFICADORES DE LA DISTANCIA MÍNIMA

Un clasificador por distancia mínima tiene un proceso simple que esta aplicado al reconocimiento de formas. Su fase de aprendizaje, consiste solamente en la selección de un representante, en un grupo de prototipos que pertenecen a la misma fase. El representante seleccionado, normalmente, es quien se encuentra más centrado, en la distribución de los prototipos en la clase. Se puede decir que este método, no es muy bueno, porque sobreclasifica dicha imagen, esto quiere decir que no hay pixel que se quede sin clasificar. Mientras que algunos autores marcan esto como una ventaja. La realidad, es innecesario, porque no hay necesidad de clasificar áreas y es razonable dejarlas sin clasificar [4].

6.3 MÁQUINAS DE SOPORTE VECTORIAL (SVM)

La técnica que las SVM, es que mueven un espacio de atributos de entrada a otro espacio que tiene una mayor dimensionalidad, en dicho espacio se tratan de separar las diversas clases por medio de hiperplanos, y se intenta que estén separadas por el espacio más amplio posible, como se muestra en la Fig. 5.

Los clasificadores con SVM se consideran superiores a las redes neuronales artificiales, porque son muy eficientes al hacer separaciones de grupos etarios. Aunque, la naturaleza binaria que tiene, puede resultar como una desventaja, ya que puede una tarea complicarse, si se le expone a más de dos clases [2].

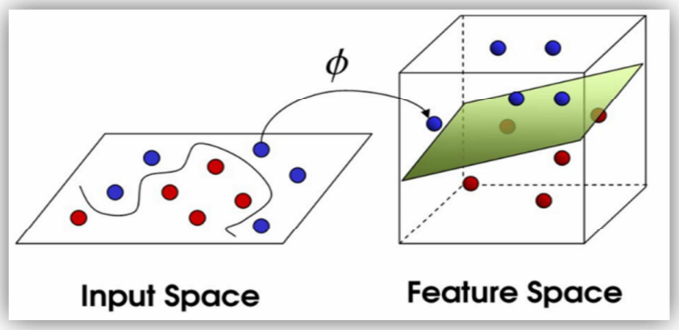

Fig. 5. Ejemplo del funcionamiento de las SVM [5]

Como cualquier otro problema de clasificación, se debe tener un conjunto de entrenamiento el cual provee información necesaria que asocie un futuro dato de entrada, con la decisión que debe ser elegida.

7 SELECCIÓN DE RANGOS ETARIOS

Un punto que es muy importante, es la división de los rangos etarios. Para hacer la división de los intervalos de edad, cada rango debe contar con un conjunto de usuarios con características similares. El objetivo es encontrar, a que rango de edad está asociada la persona, es decir, si es un menor de edad o un adulto. Considerando el objetivo del proyecto se debe hacer un mayor énfasis a la detección de rostros de los menores de edad para su protección, entonces la división se realizaría en dos rangos principales que serían para los menores de edad y otro para los mayores de edad, es decir, de 0 a 18 y de 18 a un valor máximo de edad que se considere senil. Aquí en México la mayoría de edad se alcanza hasta los 18 años. En la Fig. 1, el primer rango de edad de 0 a 18 años, se puede dividir en rangos secundarios que estarían presentes en los clasificadores de estimación de edad para reconocer si es un menor de edad.

8 PRUEBAS DE ESTIMADORES Y RESULTADOS

Face API y OpenBR son dos conjuntos de herramientas que se dedican al análisis facial de una persona, con el objetivo de analizar los resultados que se obtengan y ver la eficiencia de cada una de las aplicaciones. Se realizó la instalación de ambas herramientas para así, llevar a cabo las pruebas con los diferentes rostros de personas.

8.1 FACE API

Se utilizó Face API que es una parte del Microsoft Oxford Project [7], el reconocimiento de rostros que contiene la aplicación proporciona funcionalidades de identificación o verificación de una persona a partir de una selección de caras detectadas automáticamente. Ofrece cuatro funciones de reconocimiento: la verificación de cara, la búsqueda de caras similares, agrupamiento automático de caras y de identificación personal. Además, proporciona métodos para:

- Procesar imágenes de rostros.
- Reconocimiento de características.
- Estimar la edad.
- Genero.
- Verificar si una persona está sonriendo.
- Si tiene puestos anteojos.

Todo esto es posible, ya que es una REST API, es decir, que la aplicación es un intermediario para hacer uso de un servicio web que se puede integrar dentro de una aplicación propia. Para poder tener libre acceso al repositorio se tuvo que crear una cuenta en Microsoft Azure, para que Face API nos brindara las llaves para poder usar sin problemas la aplicación. Se realizó la instalación de Visual Studio 2015 para poder ejecutar la solución que nos brinda su propio repositorio. Aunque, la estimación de edad y género, todavía se consideran como experimentales, sus resultados tienen un rango de error mucho menor que otros estimadores como el utilizado posteriormente como OpenBR. Face API puede estimar la edad de una persona individualmente o por grupo de personas como se observa en la Fig. 6.

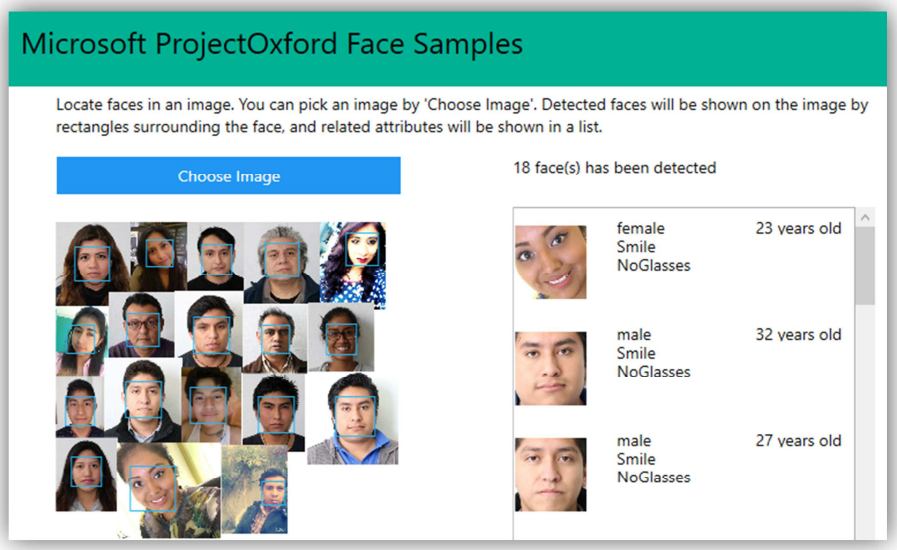

Fig. 6. Uso de Face API

Para llevar a cabo la detección de rostros se realiza la carga de una imagen a la aplicación. Esto se realiza mediante el envío de una petición "POST" con contenido del tipo octet-stream, la imagen debe ser en formato JPEG con un tamaño de 4 MB. El uso de la biblioteca por parte del cliente, se realiza mediante el paso de un objeto del tipo Stream. Consecuentemente, nos devuelve la propiedad FaceRectangule que contiene las caras detectadas y las identifica por medio de rectángulos, que por lo general tiene contenido los ojos, las cejas, la nariz y la boca, hay que tomar en cuenta que características como la parte superior de la cabeza, las orejas y la barbilla no se incluyen en la propiedad como se observa en la Fig. 6. El método que muestra la Fig. 7 es el envió de la imagen que contiene o no, un rostro humano por medio del servicio web y las propiedades que se retornan que son el rectángulo correspondiente y los puntos de referencia de la imagen [7].

```
string imageUrl = "http://news.microsoft.com/ceo/assets/photos/06_web.jpg";
var faces = await faceServiceClient.DetectAsync(imageUrl, true, true);

foreach (var face in faces)
{
    var rect = face.FaceRectangle;
    var landmarks = face.FaceLandmarks;
}
```

Fig. 7. Método para hacer la detección de caras y la identificación de características [7]

De forma predeterminada, hay 27 puntos de señal predefinidas. La Fig. 8, figura muestra cómo se definen los 27 puntos:

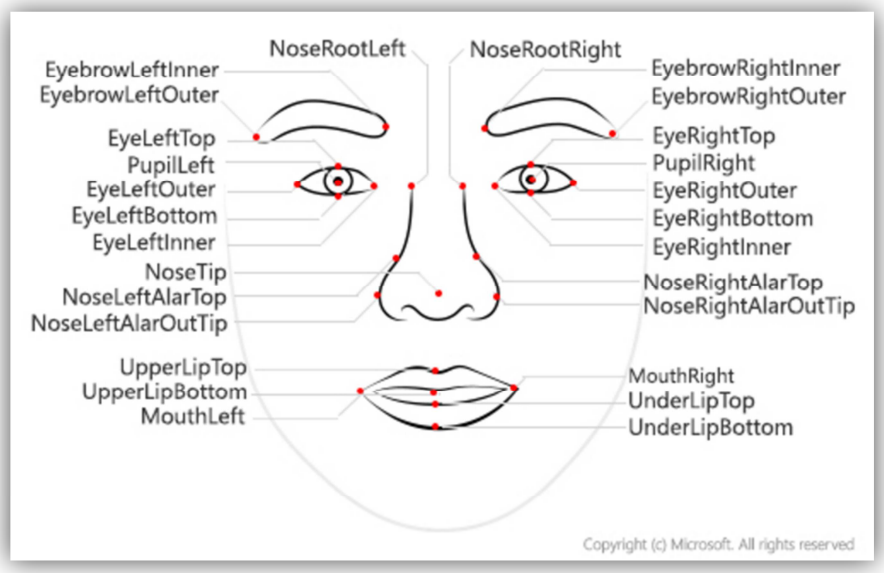

Fig. 8. Puntos predefinidos [7]

La edad es uno de los atributos que se obtienen después de detectar una cara. El atributo de edad es opcional en los resultados de la detección, y puede ser controlado con una solicitud de detección especificado por el parámetro returnFaceAttributes como se observa en la Fig. 9.

```
var requiedFaceAttributes = new FaceAttributeType[] {
                FaceAttributeType.Age,
                FaceAttributeType.Gender,
                FaceAttributeType.Smile,
                FaceAttributeType.FacialHair,
                FaceAttributeType.HeadPose,
                FaceAttributeType.Glasses
            };
var faces = await faceServiceClient.DetectAsync(imageUrl,
    returnFaceLandmarks: true,
    returnFaceAttributes: requiedFaceAttributes);

foreach (var face in faces)
{
    var id = face.FaceId;
    var attributes = face.FaceAttributes;
    var age = attributes.Age;
    var gender = attributes.Gender;
    var smile = attributes.Smile;
    var facialHair = attributes.FacialHair;
    var headPose = attributes.HeadPose;
    var glasses = attributes.Glasses;
}
```

Fig. 9. Atributos que se obtienen después de la detección de los puntos de referencia de un rostro [7]

8.2 OPENBR

OpenBR [8], fue utilizado bajo una distribución Linux, donde su utilización es bajo consola. Ofrece herramientas para:

- Reconocimiento de rostros.
- Estimación de edad
- Genero

Para realizar una estimación de la edad a partir de la línea de comandos se ejecuta la instrucción de la Fig. 10, donde el resultado de la estimación de la edad es almacenado en el archivo metadata.csv, en donde hay una columna donde se almacena el valor numérico.

```
$ br -algorithm AgeEstimation \
    -enroll ../data/MEDS/img/S354-01-t10_01.jpg ../data/MEDS/img/S001-01-t10_01.jpg metadata.csv
```

Fig. 10. Comando para la estimación de edad en OpenBR [8]

8.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Las pruebas que se realizaron a un grupo de dieciocho personas que se observa en la Tabla 1, se colocó la edad real de las personas, la edad estimada individualmente por Face API, la edad estimada de una persona en una imagen que contiene varios rostros y la edad estimada por OpenBR; servirá para observar que tanto se separan los resultados estimados de los resultados esperados entre Face API y OpenBR.

Tabla 1. Pruebas con Face API y OpenBR

	Edad Real	Face API (Individual)	Face API (Imagen Conjunta)	OpenBR
Ricardo	14	18	19	47.9
Miguel	14	20	19	43.71
Andrea	15	22	22	22.47
Kely	17	24	24	25.27
Daisy	19	23	23	28.02
Roque	21	32	32	42.25
Thomas	21	27	26	30.98
Omar	22	27	27	24.6
Carla	22	20	19	30.56
Servando	22	28	28	31.97
Cristian	23	31	30	26.32
Yolanda	23	34	35	35.51
Harbey	23	32	32	42.28
Marlene	23	27	28	35.29
Ana Laura	26	28	30	44.93
Mario	44	35	36	38.15
Luis Enrique	46	41	41	30.46
Jorge	56	59	59	42.5

Los resultados estimados de Face API tienen una aproximación más cercana a la edad esperada y OpenBR varía mucho sus resultados, como se observa en la Fig. 11.

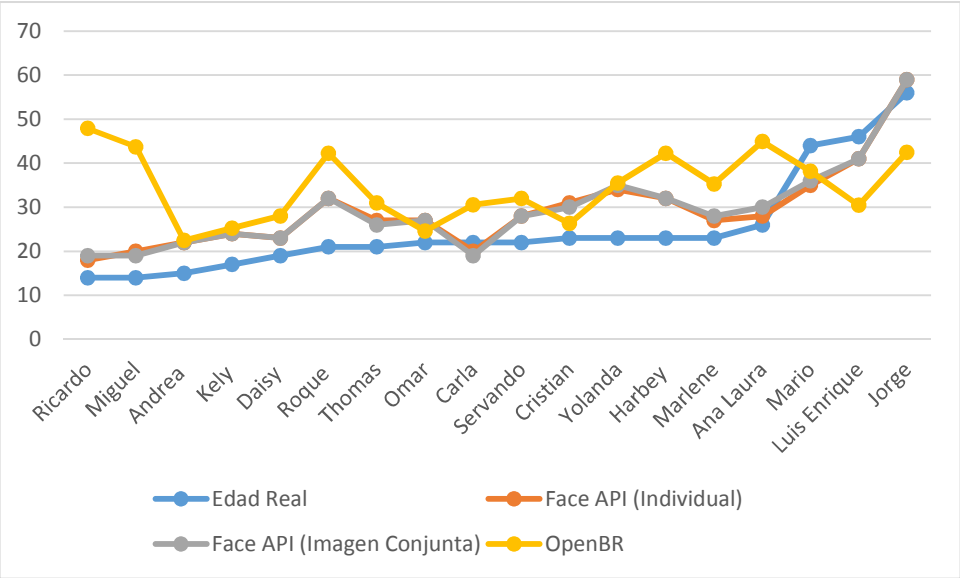

Fig. 11. Representacion de la edad real con FaceAPi y OpenBR

9 CONCLUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se han realizado pruebas con las dos herramienta Face API y OpenBR, y e concluye que la estimación de la edad ha sido con mayor precisión con la herramienta Face API. Se pudo verificar que existen varias aproximaciones al procesamiento del envejecimiento dentro del reconocimiento de rostros, por lo tanto el trabajo para proponer nuevas aproximaciones para la detección de rostros en infantes representa un nuevo reto para la investigación en las imágenes digitales. Aunque, los métodos existentes son aun incapaces de lidiar eficazmente con el envejecimiento de una persona, si se tienen algunos factores que representan mayor complejidad como, las diferencias en el proceso de envejecimiento de personas de diferentes etnias, que hace fracasar al sistema en la obtención de un modelo que generalice estas diferencias.

El determinar la edad de las personas y poder diferenciar a un menor de un adulto, puede transformarse en una gran ayuda para la selección de contenidos aptos para ciertos grupos etarios, en estudios de mercado, en otros sistemas que se basan en interacciones humanas y también de posible detección de pedófilos con contenidos de pornografía infantil, previniendo los contenidos delictivos que integran actualmente la web.

Como conclusión se puede decir, que, para hacerle frente al problema de la estimación de edad utilizando el rostro de una persona, es indispensable el surgimiento de nuevos métodos y técnicas que logren hacer una extracción de rasgos discriminativos apropiados para resolver el problema, así por igual una medida de semejanza que ayude a realizar una comparación en los rostros de las personas.

AGRADECIMIENTO

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por el apoyo parcial para esta investigación y al Profesor José Luis Luna Govea por la revisión del Ingles en el abstract.

REFERENCIAS

[1] Geng Xin, Fu Yun, Smith-Miles Kate. 2010. Automatic Facial Age Estimation, Tutorial de PRICAI.
[2] Saravia Estrada, J. (2011). Desarrollo de un método de clasificación de edad para imágenes faciales basado en análisis antropométrico y de texturas. Santiago de Chile. Universidad de Chile.
[3] Tanco, F., Verrastro, C., Grinberg, D. and Roitman, J. Implementación de redes neuronales artificiales en hardware para aplicación en detección automática de fulguraciones solares. Buenos Aires.
[4] Micó Andrés, M. (1996). Algoritmos de búsqueda de vecinos más próximos en espacios métricos. Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia.

[5] Rodríguez Ruiz, A. (2012). Estimación Automática de Edad a partir de Imágenes Faciales. Licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid.
[6] L. G. Farkas. Anthropometry of the Head and Face. Raven Press, New York, 1994.
[7] Microsoft.com. Microsoft Cognitive Services - Face API. [en línea] Disponible en: https://www.microsoft.com/cognitive-services/en-us/face-api
[8] Openbiometrics.org. OpenBR | Home. [en línea] Disponible en: http://openbiometrics.org
[9] Meneces, L., Larin, R. and Méndez, H. (2013). Retos actuales en el reconocimiento de rostros envejecidos. La Habana, Cuba.
[10] Ylioinas, J., Hadid, A. and Pietikainen, M. Age Classification in Unconstrained Conditions Using LBP Variants. Oulu, Finlandia.
[11] Yun Fu, Guodong Guo, Thomas S. Huang. 2010. Age Synthesis and Estimation via Faces: A Survey. In IEEE Transactions on Pettern Analysis and Machine Intelligence.
[12] Fullana, C. and Urquía, E. (2009). Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinar de investigación. Comillas.
[13] Pereyra, P. Reconocimiento Facial Mediante Imágenes Estereoscópicas Para Control de Ingreso. Universidad de Buenos Aires.
[14] Gutiérrez, R. (2004). Estudio de la relación entre características antropométricas, atractivo facial y calidad seminal. Valencia.
[15] Camargo, J., Pérez, E., Sotaquirá, M. and Gutiérrez, R. (2011). Algoritmo para la obtención de parámetros antropométricos en imágenes de rostros frontales. Barranquilla.
[16] Burgué, J. La cara, sus proporciones estéticas. [en línea] La Habana. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/protesis/la_cara,_sus_proporciones_esteticas.pdf.
[17] Jain, A., Flynn, P. and Ross, A. (2008). Handbook of biometrics. New York, N.Y.: Springer.
[18] Tara T. Lineweaver, Paul Hutman, Christopher Ketcham, John Neil Bohannon III. The Effect of Comprehension Feedback and Listener Age on Speech Complexity. Journal of Language and Social Psychology.
Steiner, M. (2010). Facial Image-based Age Estimation. Institute for Anthropomatics.