

## **Prevención de riesgos de trabajo mediante la detección de emociones relacionadas con el estrés laboral ocupando técnicas de visión artificial para el cumplimiento de la NOM-35-STPS-2018**

Efrén Uriel Aguilar Juárez, Brenda González Torres,  
Fernando Munguía Reyes

Universidad Politécnica del Valle de México,  
División de Ingeniería Mecatrónica y Mecánica Automotriz,  
México

{efren.aguilar.juarez, brenda.gonzalez.torres,  
fernando.munguia.reyes}@upvm.edu.mx

**Resumen.** El estrés laboral se manifiesta con un conjunto de reacciones perjudiciales, tanto físicas como emocionales, que se originan cuando las exigencias del trabajo sobrepasan las capacidades, recursos o disponibilidad de tiempo de los empleados. De igual manera, el estrés emocional, juega también un papel importante dentro de todo esto, ya que muchas veces los problemas personales, familiares y/o sociales, mezclados con diversas situaciones dentro del área de trabajo, pueden llegar a suscitar accidentes en donde no solo la integridad física y emocional de la persona se vean afectadas, sino también de terceros. EstresNet, busca ser una alternativa para la prevención de riesgos e innovación para el mejoramiento de las condiciones laborales. Este fue creado mediante el uso de técnicas de Deep Learning, donde se utilizó un total de 2558 imágenes para su entrenamiento y 281 para el test, dichas imágenes fueron obtenidas por cuenta propia, de familiares y amigos. Se obtuvo una precisión del entrenamiento del 100% y una precisión de test del 92.882% para detección de emociones. EstresNet, está dirigido para toda empresa que esté interesada en la salud mental de su plantilla laboral y el bienestar dentro de ella.

**Palabras clave:** NOM-35-STPS-2018, estrés, riesgo, detección, EstresNet, CNN, Matlab, YOLOv2.

### **Preventing Work Risks by Detecting Emotions Related to Work Stress Occupying Machine Vision Techniques for Compliance with NOM-35-STPS-2018**

**Abstract.** Work stress manifests itself with a set of harmful reactions, both physical and emotional, that arise when the demands of work exceed employees' capabilities, resources, or time availability. Similarly, emotional stress also plays an important role within all this, since often personal, family and/or social problems, mixed with various situations within the workplace, it can lead to

accidents where not only the physical and emotional integrity of the person is affected, but also of third parties. EstresNet seeks to be an alternative for risk prevention and innovation for improving working conditions. This was created by using Deep Learning techniques, a total of 2558 images were used for their training and 281 for the test, these images were obtained on their own, from family and friends. 100% training accuracy and 92.882% test accuracy were achieved for emotion detection. EstresNet, is aimed at any company that is interested in the mental health of its workforce and the well-being within it.

**Keywords:** NOM-35-STPS-2018, stress, risk, detection, EstresNet, CNN, Matlab, YOLOv2.

## 1. Introducción

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), México ocupa el primer lugar a nivel mundial en estrés laboral, con 75% de su fuerza laboral bajo esta condición. Le siguen China (73%) y Estados Unidos (59%). Si bien, la salud del trabajador es principalmente la que resiente el impacto de los riesgos psicosociales llegando a provocar afectaciones a la salud física, salud mental, trastornos psicosomáticos, etc. También tiene repercusiones en los costos económicos por medio de accidentes de trabajo, pérdida de materiales, bajo rendimiento y baja productividad, debido a que gran cantidad de los accidentes están asociados a factores de riesgo psicosocial en los centros de trabajo [1]. Los accidentes laborales y las enfermedades ocupacionales generan pérdidas cercanas al 4% del Producto Interno Bruto global cada año [2].

Organismos internacionales como la OMS, reconocen que los trastornos mentales afectan a la capacidad de trabajo y ocasionan pérdidas de productividad, por otra parte, también señalan que las empresas que ponen en práctica iniciativas para promover la salud mental de sus trabajadores obtienen como resultado un aumento en la productividad [3]. En México la secretaria del trabajo y prevención social, por medio de la NORMA Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, tiene como objetivo establecer los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial, así como para promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo [4].

Dicho lo anterior conviene precisar que esta norma no contempla una evaluación psicológica de los trabajadores ni establece ninguna obligación para identificar trastornos mentales, conocer variables psicológicas internas del individuo, medir el estrés en los trabajadores o evaluar su perfil psicológico, lo cual está fuera de su alcance. Dicha norma contempla a los exámenes médicos y evaluaciones psicológicas como una medida de aplicación general, sin embargo dado que los factores de riesgo psicosocial pueden provocar ciertos trastornos de la mente, requiere para su aplicación que se cumplan al menos las siguientes condiciones: que se compruebe la exposición del trabajador a violencia laboral y/o factores de riesgo psicosocial, que el centro de trabajo reciba quejas por prácticas opuestas al entorno organizacional favorable, denuncias por actos de violencia laboral y por último que existan signos o síntomas que denoten alguna alteración a la salud del trabajador[5].



Fig. 1. Etiquetado en Image Labeler de Matlab.

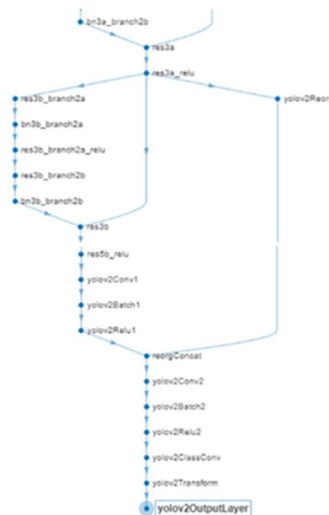


Fig. 2. Arquitectura ResNet-18 con YOLO v2.

Se propone una herramienta que reconoce emociones en los individuos por medio de sus expresiones faciales, siendo estas clasificadas en seis categorías: disgusto, enojo, preocupación, tristeza, felicidad y normal. Las primeras cuatro categorías son consideradas negativas asociadas al estrés y las dos restantes positivas. Las emociones son un indicador de la salud del ser humano que pueden denotar síntomas de posibles trastornos. Ya que las emociones dirigen gran parte de nuestra vida, con ellas tomamos la mayoría de las decisiones; determinan nuestra atención, memoria, percepción, la forma en la que nos relacionamos con otras personas y con nuestro entorno, su

**Tabla 1.** Imágenes ocupadas para el entrenamiento.

Categoría	Número de Imágenes
Disgusto	419
Enojo	425
Felicidad	448
Normal	433
Preocupación	421
Tristeza	412

**Tabla 2.** Imágenes ocupadas para la prueba.

Categoría	Número de Imágenes
Disgusto	48
Enojo	56
Felicidad	43
Normal	45
Preocupación	41
Tristeza	48

consideración resulta ineludible al momento de determinar si se encuentra bajo el influjo de algún riesgo psicosocial y por tanto la probabilidad de cometer algún accidente laboral sea mayor [6].

Es conveniente señalar que esta herramienta no permite diagnosticar una enfermedad o trastorno, sino que sólo ayuda a identificar la necesidad de que un trabajador sea canalizado para que reciba la atención correspondiente. Por el momento únicamente es un sistema de detección de emociones ligadas a los accidentes laborales, por medio de redes neuronales ocupando técnicas de Deep Learning y YOLOv2 (You Only Look Once V2) en un sistema de visión artificial mediante MATLAB con un alto grado de eficacia. El nombre preliminar de este sistema es: “EstresNet”. Se prevé que este sistema sea ideal para implementarse en centros de trabajo donde la operación tenga una alta dependencia del capital humano.

La siguiente fase de desarrollo contempla un software que recabe la información generada por el sistema de visión artificial, así como otros datos estadísticos del personal, relativo a su productividad e incidencias para hacer un análisis comparativo que permita tener un panorama más amplio de su desempeño. Este programa será administrado por el área de recursos humanos, le permitirá actuar adecuadamente, así como prever riesgos derivados de conductas patológicas no tratadas, de esta manera también, incrementar la utilidad, a la vez que se reducen los gastos de seguro médico por un personal sano y con la atención oportuna.

## 2. Trabajos relacionados

México es uno de los países que cuenta con un alto índice de trabajadores con estrés laboral, ya que las organizaciones no cuentan con las condiciones necesarias para el

buen desarrollo de los trabajadores. Según un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México, el 85% de las organizaciones mexicanas no cuentan con las condiciones adecuadas para que sus colaboradores tengan un balance entre vida personal y trabajo, lo cual propicia trastornos físicos y psicológicos [7].

Sin embargo, no hay investigaciones relacionadas o dirigidas a la aplicación de la detección de emociones en un entorno laboral, ya que los trabajos presentados tienen un enfoque al reconocimiento de emociones por medio de fotografías, orientados a la parte de interacción social, como el cuidado de personas mayores en un ambiente inteligente o para apoyar la didáctica de enseñanza aprendizaje [8].

La mayoría de estas investigaciones han sido desarrolladas en otros países como España, Ecuador y Brasil, desde el año 2015; algunos han sido desarrollados haciendo uso de Python [9].

En México no se han desarrollado gran cantidad de investigaciones o proyectos en el área de reconocimiento de emociones, los que se encuentran disponibles han sido realizadas por áreas psicológicas solo implementando el reconocimiento facial por imágenes [10].

Un artículo publicado por CIO México menciona que la visión artificial tendrá un gran impacto en la fabricación industrial en años próximos, haciendo uso de chips, software, y estándares de Machine Learning [11], sin embargo, esto tiene un enfoque más al aumento y mejora en la producción industrial, dejando fuera los aspectos sociales dentro de esta.

Esto denota que las investigaciones realizadas en el país van dirigidas a la parte industrial como en robótica, donde se hace uso de Machine Learning o Deep Learning, cabe mencionar que las publicaciones encontradas han sido de universidades, tales como UNAM e IPN, que cuentan con recursos para el desarrollo de estos proyectos, ya que el hacer uso del reconocimiento facial por medio de imágenes, demanda recursos computacionales con los cuales no todos cuentan debido al alto costo, siendo este un impedimento para el desarrollo, sin mencionar, el hecho de la adquisición de conocimientos de una programación que permita el desarrollo de un código, una base de datos adecuada a los requerimientos, un buen etiquetado, entrenamientos, etc. Representando un área de oportunidad en el desarrollo del proyecto, enfocado a una parte importante del sector industrial, que es el capital humano.

### **3. Metodología y materiales**

#### **3.1. Categorías**

Para la elaboración de EstresNet se designaron 6 categorías a identificar, tomando en cuenta que el estrés se puede presentar de varias formas, en este caso, nos basamos en las expresiones faciales para conocer su estado emocional.

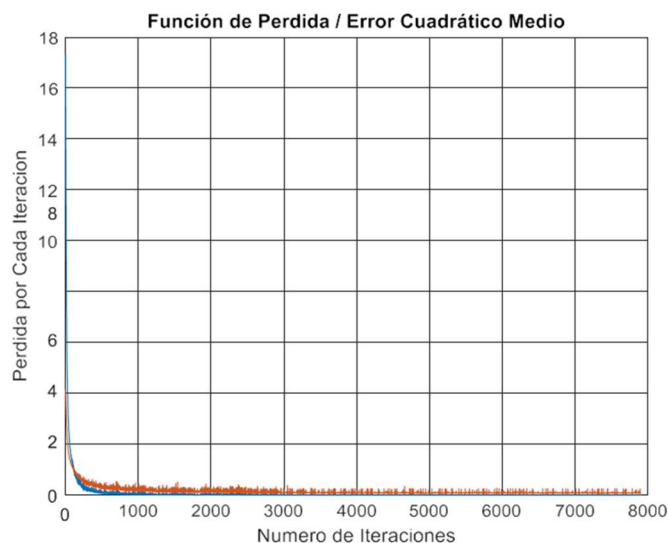
Preliminarmente se tomaron en cuenta 4 emociones negativas (tristeza, preocupación, disgusto y enojo) y 2 emociones positivas (felicidad y normal), con la finalidad, de poder clasificar el estado emocional de las personas.

**Tabla 3.** Opciones de entrenamiento.

Opciones de Entrenamiento	Configuración Seleccionada
Solver	adam
MiniBatchSize	32
InitialLearnRate	0.0001
MaxEpochs	100
LearnRateDropFactor	0.01
LearnRateDropPeriod	30
Shuffle	every-epoch
DispatchInBackground	true
ExecutionEnvironment	auto

**Tabla 4.** Características de la computadora usada para el entrenamiento.

Tarjeta Gráfica	Procesador	Memoria RAM
4GB GeForce GTX 1050Ti	AMD RYZEN 5 3400G	16GB



**Fig. 3.** Función de pérdida y error cuadrático medio con solver “adam” a 100 épocas.

### 3.2. Base de datos (entrenamiento y test)

Para el entrenamiento de la red se ocuparon 2558 imágenes (Tabla 1), las cuales se obtuvieron con la colaboración de amigos y familiares. Para el test de la red, se ocuparon 281 imágenes (Tabla 2), éstas se obtuvieron de la misma forma que las imágenes de entrenamiento.

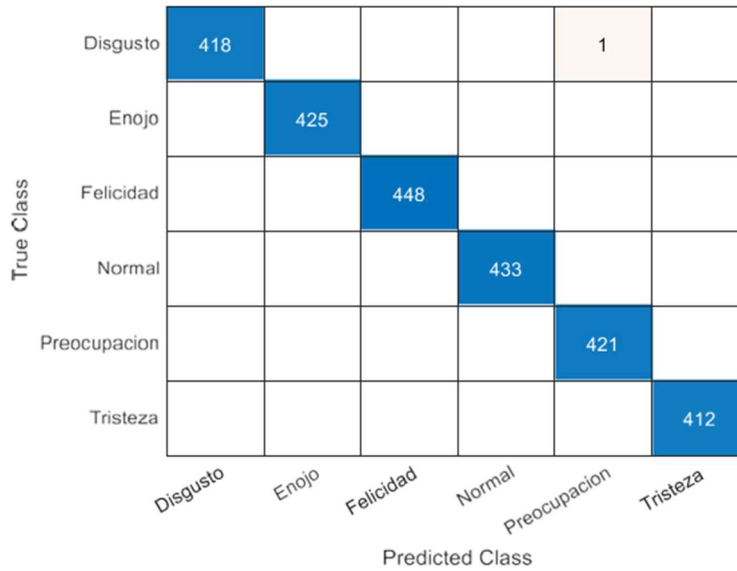


Fig. 4. Matriz de confusión (entrenamiento).

Tabla 5. Comparación de imágenes (entrenamiento).

Categoría	Número Total de Imágenes	Número Total de Imágenes Entrenadas
Disgusto	419	419
Enojo	425	425
Felicidad	448	448
Normal	433	433
Preocupación	421	421
Tristeza	412	412

Tabla 6. Total de imágenes vs. total de imágenes entrenadas.

Número Total de Imágenes	Número Total de Imágenes Entrenadas
2558	2558

### 3.3. Métodos propuestos para el desarrollo

Una red neuronal convolucional [12] (CNN o ConvNet) es una arquitectura de red para Deep Learning que aprende directamente de los datos, sin necesidad de extraer características manualmente. Las CNN proporcionan una arquitectura óptima para descubrir y aprender características principales en imágenes y datos de series temporales. Para este proyecto se ocupó como red convolucional “ResNet-18”, ya que esta es muy eficaz respecto a el entrenamiento y su coste computacional es medio-alto,

esto la hace mejor comparada con otras redes. ResNet-18, es una red neuronal convolucional que tiene 18 capas de profundidad.

Puede cargar una versión previamente entrenada de la red entrenada en más de un millón de imágenes de la base de datos ImageNet [13]. Con esto la red entrenada puede clasificar imágenes en diversas categorías de objetos, animales, etc. Se implementó un detector YOLO (You Only Look Once) v2 [14] a la red ResNet- 18, el cual reconoce objetos específicos en imágenes, basándose en las imágenes de entrenamiento, las cuales fueron etiquetadas en la aplicación Image Labeler [15] de Matlab, esta aplicación permite etiquetar datos reales en una colección de imágenes.

En la imagen se muestra un ejemplo del cómo se realizó la etiqueta a cada una de las imágenes, de lado izquierdo se pueden observar las diferentes categorías que conforman a este proyecto.

### **3.4. Entrenamiento**

Se llevaron a cabo diferentes entrenamientos para conocer la eficacia y precisión del funcionamiento de EstresNet, para esto, se ocuparon las siguientes opciones de entrenamiento:

En los diferentes entrenamientos que se llevaron a cabo, se utilizó también el solver “sgdm”, sin embargo, los entrenamientos realizados con este, no se obtuvieron buenos resultados y en algunos casos no se detectaba ninguna emoción, incluso utilizando las mismas imágenes que se utilizaron para el entrenamiento.

Por lo cual, se decidió cambiar de solver, además de cambiar los valores de ciertos aspectos de las opciones de entrenamiento, como las épocas y el MiniBatchSize. En total, se realizaron 8 entrenamientos, de los cuales, obtuvimos mejores resultados con aquellos que se realizaron con el solver “adam”. Para realizar los entrenamientos se utilizó una computadora de escritorio con las siguientes características (Tabla 4).

Una vez, teniendo el entrenamiento adecuado, se obtuvo la representación gráfica de la función de pérdida y error cuadrático medio (Fig. 3.) y la matriz de confusión respectiva (Fig. 4.).

Comparando la matriz de confusión con la cantidad de imágenes totales con las que se llevó a cabo el entrenamiento, obtuvimos los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 5 y Tabla 6.

Las imágenes no entrenadas son aquellas que al momento del entrenamiento no se encontró ninguna relación con los datos y, por ende, estas no fueron consideradas para el entrenamiento. Pudimos observar que, para el entrenamiento, ninguna imagen fue excluida o tomada como no entrenada, por lo cual podemos decir que la precisión de entrenamiento para cada categoría es de un 100%.

### **3.5. Test**

Una vez hecho el entrenamiento, procedimos a probar el funcionamiento de EstresNet, por medio del procesamiento de las 281 imágenes que conforman el test. De lo cual obtuvimos los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Fig. 5.

Comparando la matriz de confusión con el número total de imágenes detectadas (Tabla 7 y Tabla 8) pudimos obtener la precisión de test por cada categoría (Tabla 9).

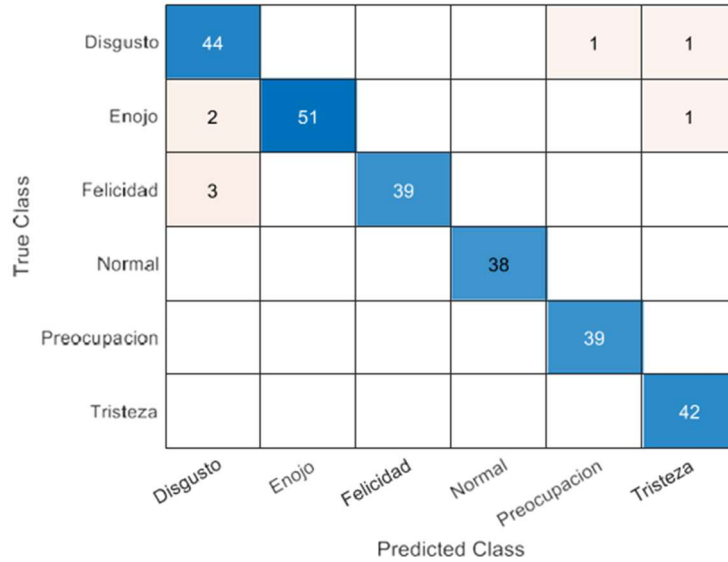


Fig. 5. Matriz de confusión (Test).

Tabla 7. Comparación de imágenes (Test).

Categoría	Número Total de Imágenes	Número Total de Imágenes Entrenadas
Disgusto	48	46
Enojo	56	54
Felicidad	43	42
Normal	45	38
Preocupación	41	39
Tristeza	48	42

Tabla 8. Total, de Imágenes Vs Total de Imágenes Entrenadas.

Número Total de Imágenes	Número Total de Imágenes Entrenadas
281	261

### 3.6. Resultados

Con relación a los resultados de las imágenes del test, se muestran a continuación algunos resultados de la detección de estas por medio de EstresNet.

## 4. Conclusiones y trabajo a futuro

El desarrollo de EstresNet se implementó utilizando varias técnicas para detectar las emociones que reflejan las personas por medio de sus expresiones faciales. El objetivo

**Tabla 9.** Precisión del test por categoría.

Categoría	Precisión
Disgusto	99.525%
Enojo	99.5317%
Felicidad	99.7773%
Normal	98.4091%
Preocupación	99.5272%
Tristeza	98.5646%



**Fig. 6.** Detección de cada categoría.

del proyecto pretende ser una alternativa para la detección y prevención de posibles riesgos vinculados con el estado emocional y psicosocial de las personas.

Realizando la comparación del funcionamiento de EstresNet con las estrategias implementadas hoy en día, se llega a la conclusión de que el desempeño de EstresNet tiene una mayor eficiencia si se usa de manera adecuada, de forma alterna, analizando los beneficios generados, se observa que diversas empresas sin importar el tamaño que estén constituidas, no cuentan con sistemas o estrategias para prevenir accidentes a causa de las emociones de los trabajadores, ocasionando un riesgo inminente ante los trabajos de las empresas.

Investigando y relacionando la NOM-035-STPS-2018, se genera la incertidumbre acerca de cómo los factores ambientales y del entorno laboral podrían ser determinantes en la conducta y emociones del trabajador, y cómo se podría diferenciar los problemas causados por estos entornos considerando aquellos que son por problemas emocionales como el estrés, ansiedad, depresión, tristeza, etc., Por lo cual, se concluye que la implementación de EstresNet dependerá del capital humano adecuado los cuales se encargarán de llevar un seguimiento de los trabajadores, tanto de su estado emocional como su desempeño laboral y social, dando seguimiento y teniendo una mejor gestión en el estado emocional de los trabajadores.

Primordialmente, este proyecto se pensó para su uso dentro de la industria, principalmente, para empresas que dependen del capital humano y su efectividad, sin

embargo, analizando las oportunidades que este podría tener, se ha contemplado la posibilidad de aumentar las categorías de EstresNet, teniendo un mayor rango para su uso, generando la posibilidad de incorporación al sector social, escolar, comercial, dentro de aeropuertos, etc.

El trabajo futuro para mejorar el rendimiento de EstresNet debe ser relacionado directamente con el área de seguridad e higiene organizacional que podría llevar el seguimiento del estado emocional de los trabajadores mexicanos y prevenir riesgos de trabajo con base a la NOM-035-STPS-2018. En adición a esto, es posible ampliar la base de datos con fotografías de personas con diferentes rasgos para poder tener un mayor rango de detección.

## Referencias

1. Patlán-Pérez, J.: Factores psicosociales, clasificación, identificación y consecuencias en la salud laboral. Instituto Mexicano del Seguro Social, <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/estreslaboral/1erjornada/06-Factores-Consecuencias.pdf>, (Año desconocido)
2. Comisión Nacional de los Derechos Humanos: Destaca CNDH importancia de la cultura de la prevención, para revertir más de 500,000 accidentes laborales, 12,622 enfermedades profesionales y 1,408 fallecimientos. [https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-04/Com\\_2019\\_159.pdf](https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-04/Com_2019_159.pdf), (2019)
3. Organización Mundial de la Salud (OMS): Día mundial de la salud mental 2017. La salud mental en el lugar de trabajo, [https://www.who.int/mental\\_health/world-mental-health-day/2017/es/](https://www.who.int/mental_health/world-mental-health-day/2017/es/) (2017)
4. Campa-Cifrián, R. R.: Factores de riesgo psicosocial en el trabajo - Identificación, análisis y prevención. Secretaría del Trabajo y Previsión Social: Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/48.pdf> (2018)
5. Gobierno de México: Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial. Identificación, análisis y prevención, [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503381/NOM035\\_guia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503381/NOM035_guia.pdf) (2019)
6. González, I.: Neuromarketingla: Qué son los análisis de expresión facial y cómo funcionan. <https://neuromarketing.la/2016/12/los-analisis-expresion-facial-funcionan/> (2016)
7. Dirección General de Comunicación Social: 374 Millones de accidentes en el trabajo al año en el mundo. [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020\\_379.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_379.html) (2020)
8. Monasor, E. L.: Detección de emociones orientada a mejorar la calidad de vida y el cuidado de personas mayores en ambientes inteligentes. Universidad de Castilla, La Mancha: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/23320/TESIS%20Lozano%20Monasor.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (2019)
9. Lozano, G.: Reconocimiento de emociones (eigenfaces, fisherfaces, LBPH) Python-OpenCV. OMES: <https://omes-va.com/reconocimiento-de-emociones-opencv-python/#comments> (2020)
10. Iglesias-Hoyos, S., del Castillo Arreola, A., Muñoz-Delgado, J. I.: Reconocimiento facial de expresión emocional: Diferencia por licenciaturas. Universidad Nacional Autónoma de México: <https://www.redalyc.org/pdf/3589/358950159003.pdf> (2016)
11. Cortés, M.: El impacto de la visión artificial en la fabricación industrial se acentuará en los próximos años. CIO México: <https://cio.com.mx/el-impacto-de-la-vision-artificial-en-la-fabricacion-industrial-se-acentuara-en-los-proximos-anos/> (2020)
12. MathWorks: Redes neuronales convolucionales. 3 Cosas que Necesitas Saber, [https://la.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-networkmatlab.html?s\\_tid=srchtitle](https://la.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-networkmatlab.html?s_tid=srchtitle)

*Efrén Uriel Aguilar Juárez, Brenda González Torres, et al.*

13. ImageNet, <http://www.image-net.org>
14. MathWorks, YOLOv2ObjectDetector, <https://la.mathworks.com/help/vision/ref/yolov2-objectdetector.html>
15. MathWorks. Image Labeler, [https://la.mathworks.com/help/vision/ref/imagelabeler-app.html?searchHighlight=image%20labeler&s\\_tid=srchtitle](https://la.mathworks.com/help/vision/ref/imagelabeler-app.html?searchHighlight=image%20labeler&s_tid=srchtitle)