

# Mobile app to calculate the ultraviolet index in the Puno region

Ciro William Taipe Huaman<sup>1</sup>, Matias Huilca Arbieto<sup>2</sup>, Eva Genoveva Mendoza Mamani<sup>1</sup>, Julio Rumualdo Gallegos Ramos<sup>1</sup>, Ubaldo Yancachajlla Tito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Perú, c.taipe@unaj.edu.pe, eg.mendoza@unaj.edu.pe, juliogallegos01@gmail.com, uyancachajlla@unaj.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, mhuilca@unap.edu.pe

*Abstract— Prolonged exposure to UV radiation is harmful and causes skin cancer. Currently, interested people get their UV radiation information from the weather forecast, which has a rough estimate and average for a given region. The research focuses on developing a mobile application using the mobile application development methodology with the objective of calculating UV index values in real time, considering the geographical position and time. The evaluation of the values calculated by the mobile application were validated by linear correlation with data obtained by the TUV model and measured by the meteorological station, obtaining values greater than 0.993 for both comparisons. It is determined that extreme values are presented between the hours of 11am to 14pm. Concluding that it is possible to implement mobile applications to determine UV index values for the Puno region.*

*Keywords-- UV index, App mobile, Weather Station, TUV model*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.198>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# App móvil para calcular el índice ultravioleta en la región de Puno

Ciro William Taipe Huaman<sup>1</sup>, Matias Huilca Arbieto<sup>2</sup>, Eva Genoveva Mendoza Mamani<sup>1</sup>, Julio Rumualdo Gallegos Ramos<sup>1</sup>, Ubaldo Yancachajlla Tito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Juliaca, Puno, Perú, c.taipe@unaj.edu.pe, eg.mendoza@unaj.edu.pe, juliogallegos01@gmail.com, uyancachajlla@unaj.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, mhuilca@unap.edu.pe

**Abstract—** *Prolonged exposure to UV radiation is harmful and causes skin cancer. Currently, interested people get their UV radiation information from the weather forecast, which has a rough estimate and average for a given region. The research focuses on developing a mobile application using the mobile application development methodology with the objective of calculating UV index values in real time, considering the geographical position and time. The evaluation of the values calculated by the mobile application were validated by linear correlation with data obtained by the TUV model and measured by the meteorological station, obtaining values greater than 0.993 for both comparisons. It is determined that extreme values are presented between the hours of 11am to 14pm. Concluding that it is possible to implement mobile applications to determine UV index values for the Puno region.*

**Key word--** *UV index, App mobile, Weather Station, TUV model*

**Resumen --** *La exposición prolongada a la radiación UV es dañina y provoca el cáncer de piel. Actualmente, las personas interesadas obtienen su información de radiación UV del pronóstico del tiempo, el cual tiene una estimación aproximada y promedio para una región determinada. La investigación se centra en el desarrollo de una aplicación móvil utilizando la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles con el objetivo de calcular los valores del índice UV en tiempo real, considerando la posición geográfica y el tiempo. La evaluación de los valores calculados por la aplicación móvil fueron validados por correlación lineal con los datos obtenidos por el modelo de TUV y medidos por dos estación meteorológica ubicados en puntos diferentes, obteniendo valores superiores a 0,993 para ambas comparaciones. Se determina que los valores extremos se presentan entre las 11 a.m. y las 14 p.m. Concluyendo que es posible desarrollar App móviles para calcular los valores del índice UV para la región de Puno.*

**Palabras claves --** *Índice UV, App móvil, estación meteorológica, modelo TUV*

## I. INTRODUCCIÓN

Las Organizaciones Internacionales Especializadas de las Naciones Unidas como la OMM (Organización Meteorológica Mundial), la OMS (Organización Mundial de la Salud), el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y otras organizaciones no gubernamentales han propuesto la creación de un índice simple que informe a la población de los riesgos a la exposición solar, este es el índice ultravioleta (IUV)[1], [2].

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.198>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

A nivel nacional se promulgo la ley N° 30102, ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar, y la institución encargada de informar sobre los niveles de radiación solar ultravioleta es el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI) [3], [4].

Los teléfonos móviles, especialmente los teléfonos inteligentes, se están desarrollando rápidamente en los últimos años y se están convirtiendo en los dispositivos centrales de comunicación y computación en la vida diaria de las personas. Junto con el desarrollo de los teléfonos móviles, el desarrollo de aplicaciones móviles APPs también ha ganado mucha popularidad debido a su conveniencia [5], [6].

En los últimos años, ha habido varios enfoques diferentes para monitorear el bienestar de un individuo. La combinación de datos de biosensores y datos de condiciones ambientales puede ser usada para identificar el bienestar de un individuo a través de técnicas de reconocimiento de patrones [7]. En la web existen varias Apps móviles para estimar el índice ultravioleta los cuales tienen que ser validados para el lugar en estudio, como la desarrollado en la región de Piura, Perú [8]. Bo Mei [9] desarrolla una App móvil para medir la radiación solar ultravioleta mediante el uso de la cámara del celular logrando estimar correlaciones de datos medidos por el móvil y una estación portátil de medida de radiación con sesgo de 5%. Ananno [10] desarrolla una App móvil basado en algoritmos e implementados en Android, con el objetivo de alertar sobre la intensidad de la radiación solar ultravioleta a los usuarios de la aplicación. Buller [11] desarrollo App móvil con el objetivo de asesorar en tiempo real sobre las medidas de protección de radiación solar ultravioleta. Fahrni [12] desarrolla una App móvil que se conecta en forma inalámbrica con una unidad de detección corporal de la radiación solar, y el teléfono inteligente se comporta como una interfaz de usuario. Turner [13] realiza una revisión sobre la capacidad de los teléfonos inteligentes para detectar radiación ultravioleta con propósitos de educación. Nuestra investigación permite estimar el índice de radiación ultravioleta, insitu en la región de Puno, tomando como parámetros la ubicación geográfica, si como las características del tipo de cielo que se presenta.

### A. Índice ultravioleta (IUV)

El IUV es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del Sol en la superficie terrestre en una escala que comienza en 0 y no está acotado superiormente. El

IUV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel, y es formulado por la CIE (Comisión Internationale de l'Eclairage, siglas en francés) [14]–[17]

$$IUV = k_{er} \int_{0.28}^{0.4} I(\lambda) \varepsilon(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Los valores del coeficiente de acción eritemática  $\varepsilon(\lambda)$  vienen dados por Madronich y Flocke, [18].

$$\varepsilon(\lambda) = \begin{cases} 1 & , \quad \lambda \leq 0.298 \mu m \\ 10^{0.094 \times (298 - \lambda \times 1000)} & , \quad 0.298 \mu m < \lambda \leq 0.328 \mu m \\ 10^{0.015 \times (139 - \lambda \times 1000)} & , \quad 0.328 \mu m < \lambda \leq 0.400 \mu m \end{cases} \quad (2)$$

Y  $I(\lambda)$  es la irradiancia ultravioleta global espectral en una superficie horizontal y esta expresado de la forma siguiente

$$I(\lambda) = \frac{I_{n\lambda} \cos \theta_z + I_{dr\lambda} + I_{da\lambda}}{1 - \rho_{g\lambda} \rho_{a\lambda}} \quad (3)$$

Esta ecuación fue desarrollado en el trabajo de Iqbal [19] donde  $I_{n\lambda} \cos \theta_z$  es la irradiancia directa espectral en una superficie horizontal,  $I_{dr\lambda}$  es la irradiancia difusa espectral producida por la dispersión de Rayleigh,  $I_{da\lambda}$ , es la irradiancia difusa dispersada por los aerosoles que llega al suelo después de su primer paso a través de la atmósfera,  $\rho_{a\lambda}$ , es el albedo de la atmósfera, el cual es la componente difusa reflejada de nuevo al espacio y  $\rho_{g\lambda}$  se utiliza el valor de 0,2 para nuestro medio.

#### B. Pronóstico de IUV, ajuste de altitud y nubosidad

El pronóstico del IUV para cielo despejado asociado primordialmente al ángulo solar cenital (SZA) y la cantidad de ozono total (UD) se debe proceder al ajuste del IUV por altitud y nubosidad, aquí seguiremos los criterios de Vanicek et al. [20] que plantean la siguiente ecuación para este ajuste:

$$IUV = IUV * CMF * (1 + 0.08 * \Delta H) \quad (4)$$

Dónde: CMF: Factor de modificación de nube y  $\Delta H$ : Altitud en Km.

#### C. Descripción del modelo TUV

Para los pronósticos del IUV se utiliza el modelo de Transferencia Radiativa TUV, (Tropospheric Ultraviolet and Visible Radiation Model) desarrollado por el Dr. Sasha Madronich en la División de Química Atmosférica del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research NCAR, EE.UU.) en Boulder, Colorado. Este modelo calcula la radiación solar de onda corta en la atmósfera de la Tierra y permite evaluar las contribuciones relativas de los componentes atmosféricos y pronosticar el IUV en condiciones de cielo despejado y en condiciones de cielo nublado. En este modelo se utiliza la aproximación del método two-stream y los parámetros que se correlacionan con el Índice UV son: el valor máximo promedio de la irradiancia durante el mediodía local, el día juliano (el día

del año), la fracción de nubosidad durante el mediodía local (para nuestro caso se asumirá cielo despejado), el valor pronosticado de la columna de ozono, la declinación solar, la latitud y la altitud del sitio al cual se va aplicar el modelo. El TUV puede incluir la atenuación producida por aerosoles y capas estratificadas de nubes de diferentes espesores ópticos [21].

#### D. Columna total de ozono

Es el contenido total de ozono en la columna atmosférica. Puede calcularse a través de un ozonosondeo o mediante un instrumento llamado espectrofotómetro Brewer, que mide el ozono total en columna en Unidades Dobson [22].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para obtener el algoritmo que permite obtener el valor de índice ultravioleta, está basado en las ecuaciones desarrollados en por Iqbal [19], las cuales se muestran en el trabajo de Hernández [16]. Y se utiliza las ecuaciones de tendencia de la columna total de ozono realizados en [23].

El algoritmo se obtiene discretizando de la ecuación (1) con la finalidad de realizar la programación en Android estudio.

La implementación de la App móvil se desarrolla mediante la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles[24]–[26], el cual se muestra en el trabajo de Mantilla, Ariza y Delgado [27] donde se consideran cinco pasos a seguir: Análisis, diseño, desarrollo, prueba de funcionamiento y entrega.

La validación de los valores obtenidos por la App móvil se realiza mediante una comparación con los datos obtenidos por el modelo TUV, la estación meteorológica de la DAVIS de la Universidad Nacional del Altiplano (Estación 1) y estación meteorológica DAVIS de la universidad Nacional de Juliaca (Estación 2), para lo cual se obtiene valores de coeficiente correlación.

#### D. Estación meteorológica

Las mediciones del índice UV se obtiene de la estación meteorológica DAVIS Vantage Pro 2 Plus mediante el sensor de IUV, el cual tiene un rango de medida de [0-16] con una resolución de 0.1, en intervalos de 1min con un exactitud de  $\pm 5\%$  [28], [29].

#### E. Estadísticos de evaluación

Para evaluar los datos obtenidos por el móvil se utiliza el error medio (MBE), Es una indicación de la desviación media de los valores obtenidos por el móvil con respecto a los datos medidos por la estación correspondientes, y el coeficiente de correlación (r) es para medir la relación lineal entre los valores medidos por la estación con respecto a los obtenidos por el móvil [30]. Están dados por las siguientes ecuaciones:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - I_{si})}{n} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - \bar{I}_{mi})(I_{si} - \bar{I}_{si})}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n (I_{mi} - \bar{I}_{mi})^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^n (I_{si} - \bar{I}_{si})^2 \right]}} \quad (5)$$

Dónde:  $I_{mi}$  es el dato medido por la estación meteorológica,  $I_{si}$  es el dato obtenido por el móvil,  $\bar{I}_{mi}$  es el promedio de los datos medidos por la estación meteorológica,  $\bar{I}_{si}$  es el promedio de los datos obtenidos por el móvil y  $n$  es el número total de medidas en un intervalo tiempo [31], [32].

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El desarrollo de la App móvil consistió en seguir los cinco pasos de la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles. Obteniendo el diagrama de caso de uso Fig. 1, en el cual se muestra la secuencia de las acciones que puede realizar la App como principal función calcular el índice UV para cielos despejados, cuyo actor principal es el usuario.

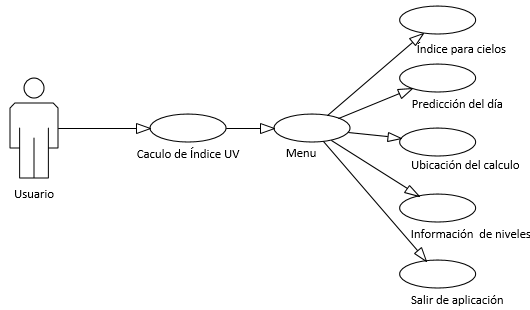


Fig. 1 Diagrama de Caso de Uso

La estructura, escenario y asignación de requerimientos de la App, se observa en forma global en la Fig. 2. La solución propuesta permite que la App móvil adquiera datos de la antena telefónica, con respecto a la ubicación geográfica, y el tiempo y numero juliano se obtienen del celular, los cuales permitirán calcular el Índice UV. A continuación, se muestra un esquema de la estructura.

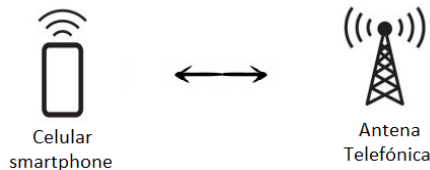


Fig. 2 Estructura del diseño

En el diseño de interfaces graficas se tomó los siguientes tres puntos fundamentales. Estética Visual, Comodidad de uso e independencia del dispositivo los cuales se muestran en la fig. 3.



Fig. 3 Interfaz del aplicativo móvil en Android Studio

Sea codificado el algoritmo basado en los modelos matemáticos, estableciendo un código fuente en Android Studio. El cual se desarrollado en forma modular utilizando las funciones y librerías que nos permiten obtener datos del GPS, el tiempo, número juliano del día y lugar donde se encuentre el móvil.

La Validación de valores calculados por la App móvil, sea realizado por comparando, con valores obtenidos por el modelo TUV y datos medidos por la estación meteorológica DAVIS de la Universidad Nacional del Altiplano (Estación 1), ciudad de Puno. El lugar geográfico considerado para los cálculos fue la ubicación de la estación con coordenadas latitud -15.830, longitud -70.030. considerando el intervalo de tiempo de 8:00am-16:00pm en incrementos de una hora.

En la Tabla 1, se muestra valores de coeficientes de correlación lineal, para nueve fechas en condiciones de cielos despejado. Se observa que las correlaciones de datos obtenidos son mayores de 0.993 para comparaciones con el modelo TUV y medidas por la estación 1 y el sesgo mayor es de 0.6 para la fecha 08 de marzo del 2019.

TABLA I.  
VALORES DE ESTADÍSTICOS DE EVALUACIÓN

| Fecha      | r (App y Estación 1) | MBE (App y estación 1) | r (App y TUV) | MBE (App y TUV) |
|------------|----------------------|------------------------|---------------|-----------------|
| 08/03/2019 | 0.994                | 0.626                  | 0.994         | 0.608           |
| 22/03/2019 | 0.998                | 0.359                  | 0.999         | 0.267           |
| 20/04/2019 | 0.996                | 0.396                  | 0.999         | 0.243           |
| 04/05/2019 | 0.993                | 0.435                  | 0.998         | 0.221           |
| 22/06/2019 | 0.994                | 0.287                  | 0.998         | 0.154           |
| 03/07/2019 | 0.994                | 0.304                  | 0.998         | 0.163           |
| 27/07/2019 | 0.994                | 0.311                  | 0.998         | 0.181           |
| 03/08/2019 | 0.994                | 0.293                  | 0.997         | 0.190           |
| 26/08/2019 | 0.997                | 0.311                  | 0.998         | 0.237           |

En las figuras 4, 5 y 6 se muestran la comparación de datos medidos por la App móvil, modelo TUV y estación

meteorológica, donde se observa que los valores extremos se dan durante las 11:00am a 14:00am, por lo cual se sugiere tomar precauciones durante ese intervalo de tiempo.

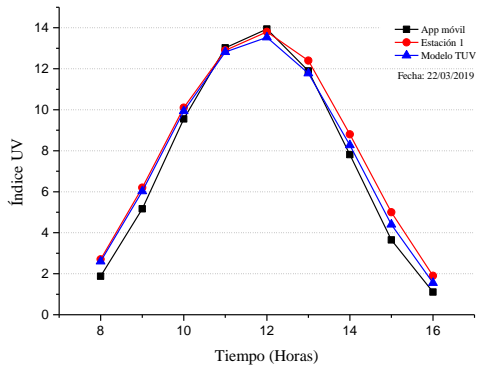


Fig. 4 Comparación entre los valores calculados por el móvil, modelo TUV y estación para el 22 de marzo del 2019

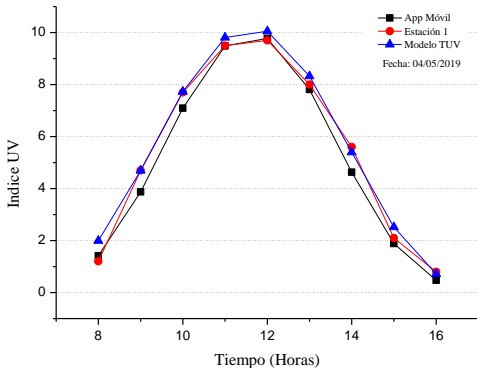


Fig. 5 Comparación entre los valores calculados por el móvil, modelo TUV y estación para el 04 de abril del 2019.

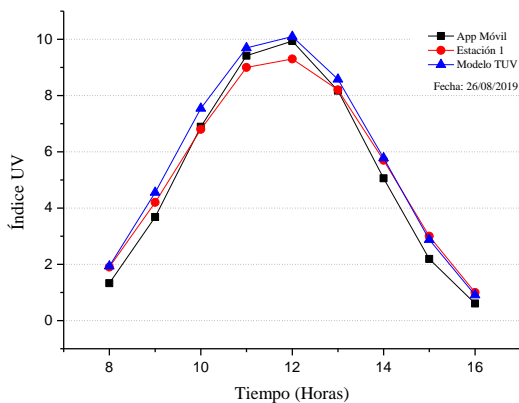


Fig. 6 Comparación entre los valores calculados por el móvil, modelo TUV y estación para el 26 de agosto del 2019.

Los resultados de la tabla 1, muestran una buena correlación lineal de los datos obtenidos por la App móvil, lo cual confirma que es posible implementar aplicaciones móviles con el objetivo de calcular valores de índice UV en tiempo real, con la finalidad de informar a la usuaria de la APPs y de esta forma tomar sus precauciones, lo cual está de acuerdo a los trabajos [10]–[13], [33].

En la figura 7, se muestra valores máximos del índice UV al medio día, durante el año 2018, calculado por la App móvil y valores medidos por la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Juliaca (estación 2) en coordenadas latitud -15,489, longitud -70,151 y una altitud de 3,825msnm, para los 365 días del año, considerando los días nublados, parcialmente nublados y despejados de nubes. Se observa que para los días despejados los datos calculados por la App móvil son semejantes. Y en la figura 8 se observa la dispersión de datos por considerar la totalidad de los días del año 2018. Obteniendo un coeficiente de correlación de 0.941.

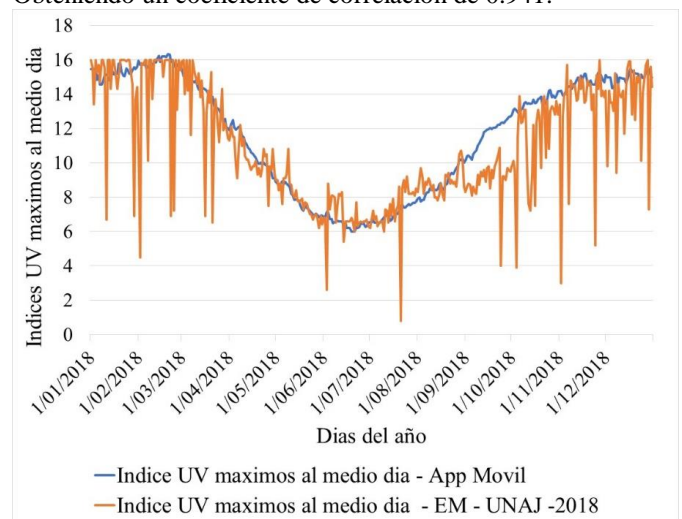


Fig. 7 Valores de índice UV máximo al medio día del año 2018

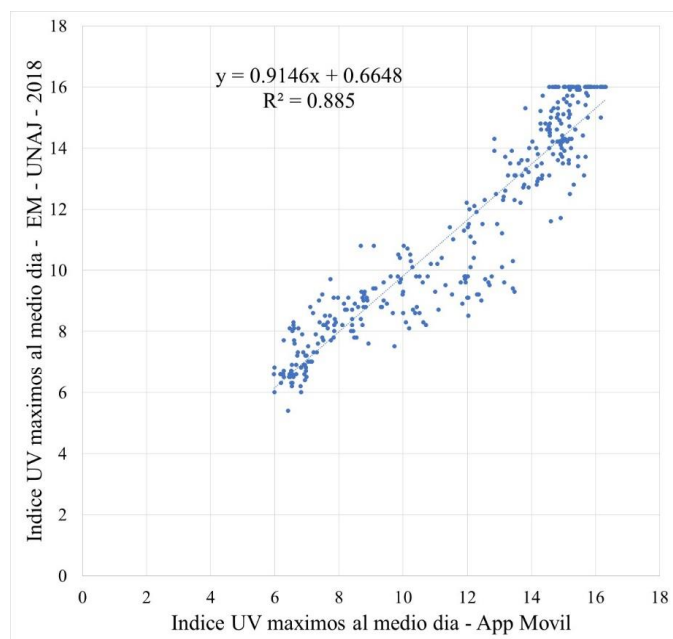


Fig. 8 Diagrama de dispersión del índice UV entre App móvil y estación 2 durante el año 2018

En la figura 9, se muestra valores del índice UV máximos al medio día, del 01 de enero al 05 de agosto del año 2019 medidos por la estación 2 y donde se observa que para los días despejados existe una similitud de los valores obtenidos, tiene una correlación de 0.947 como se muestra en la figura 10.

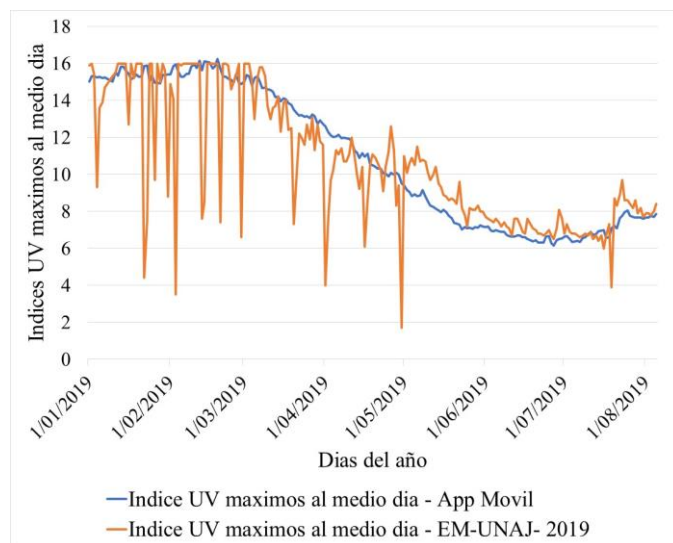


Fig. 9 Valores de índice UV máximo al medio día periodo 01 de enero al 05 de agosto del 2019

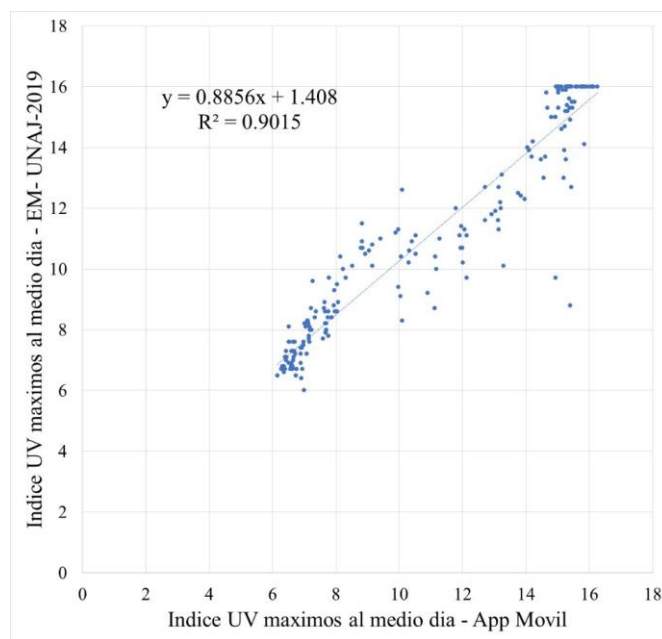


Fig. 10 Diagrama de dispersión del índice UV entre App móvil y estación 2 periodo 01 de enero al 05 de agosto del 2019

#### IV. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar la App móvil mediante la metodología de desarrollo de aplicaciones móviles, siguiendo los cinco criterios de la metodología, implementando en un lenguaje JAVA y su implementación en Android Studio.

Se desarrolló el algoritmo teórico que nos permite calcular valores del índice UV para cielos despejados, basados en las ecuaciones matemáticas.

Se validó los datos calculados por la App móvil realizando comparaciones con datos obtenidos por el modelo TUV y medidos por la estación meteorológica durante el horario de 8:00am a 16pm, mediante coeficientes de correlación lineal, los cuales se obtuvieron valores mayores a 0.993 para ambas comparaciones, considerando días con cielo despejado. Además, la regresión lineal nos permitió estimar las tendencias que usamos para pronosticar. Nuestro pronóstico del índice UV fue hallado diariamente.

También se validó los valores máximos calculados a las 12:00m por el App móvil comparando con datos de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Juliaca, obteniendo valores de correlación mayor a 0.941, considerando la totalidad de los días del año 2018.

La verificación del índice UV para días de cielo despejado permite demostrar la evolución de las estimaciones y predicciones y le da al público confianza en el pronóstico del día.

#### REFERENCIAS

- [1] J. Oliver, «Modelo de Madronich del índice UV en Salta», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2013.

- [2] E. Albizzati, «Radiación e índice ultravioleta solar al mediodía sobre superficies en diferentes posiciones», *Rev. Argentina Ing.*, vol. 5, 2015.
- [3] U. R. Levels, «fenotipos e infraestructura de protección solar en instituciones educativas de Piura, Perú Ultraviolet Radiation Levels, Phenotypes, and Infrastructure», vol. 1621, pp. 40-49, 2017.
- [4] F. A. Mejía Morales y F. M. Suárez Aza, «Evaluación de riesgos ocupacionales en el mercado mayorista pesquero de Villa del Triunfo», Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015.
- [5] C. Seeger, A. Buchmann, y K. Van Laerhoven, «MyHealthAssistant: A Phone-based body sensor network that captures the wearer's exercises throughout the day», *BODYNETS 2011 - 6th Int. ICST Conf. Body Area Networks*, pp. 1-7, 2012.
- [6] N. D. Lane, E. Miluzzo, H. Lu, D. Peebles, T. Choudhury, y A. T. Campbell, «A survey of mobile phone sensing», *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, n.º 9, pp. 140-150, 2010.
- [7] Y. Jung y Y. I. Yoon, «Wellness contents recommendation based on human emotional and health status using em», *Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, ICUFN*, vol. 2015-Augus, pp. 977-981, 2015.
- [8] N. J. Dedios Mimbela, L. Rubio Rubio, J. Calle Jiménez, y Y. Vásquez Domínguez, «Aplicación de Dispositivos Móviles en la Medición de los Niveles de Radiación Ultravioleta y su Validación en el Distrito de Chulucanas Región Piura Perú», *Ing. USBmed*, vol. 8, n.º 1, pp. 49-55, 2017.
- [9] B. Mei, R. Li, W. Cheng, J. Yu, y X. Cheng, «Ultraviolet Radiation Measurement via Smart Devices», *IEEE Internet Things J.*, vol. 4, n.º 4, pp. 934-944, 2017.
- [10] A. A. Ananno, A. A. Akash, y A. Rahman, «Development and Prototyping of an Android Based Mobile Application to Measure UV Intensity in Real Time Development and prototyping of an android based mobile application to measure UV intensity in real time», en *International Conference on Engineering Research and Education School of Applied sciences & Technology, SUST, Sylhet*, 2018, n.º January.
- [11] D. B. Buller *et al.*, «Smartphone mobile application delivering personalized, real-time sun protection advice: A randomized clinical trial», *JAMA Dermatology*, vol. 151, n.º 5, pp. 497-504, 2015.
- [12] T. Fahrni, M. Kuhn, P. Sommer, R. Wattenhofer, y S. Welten, «Sundroid: Solar radiation awareness with smartphones», *UbiComp '11 - Proc. 2011 ACM Conf. Ubiquitous Comput.*, pp. 365-374, 2011.
- [13] J. Turner, D. Igoe, A. V. Parisi, A. J. McGonigle, A. Amar, y L. Wainwright, «A review on the ability of smartphones to detect ultraviolet (UV) radiation and their potential to be used in UV research and for public education purposes», *Sci. Total Environ.*, vol. 706, p. 135873, 2020.
- [14] N. J. Dedios Mimbela, «Radiación ultravioleta. Análisis de su comportamiento estacional en diferentes sectores de la región Piura. Costa Norte del Perú», *Ing. USBmed*, vol. 7, n.º 1, p. 26, 2016.
- [15] M. Huillca, C. W. Taípe, y M. Saavedra, «Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros», *Rev. Investig. Altoandinas - J. High Andean Res.*, vol. 19, n.º 2, pp. 211-218, jun. 2017.
- [16] K. Hernández E., R. Morera R., y Vj. Wright G, «Medición y cálculo del índice ultravioleta en Costa Rica», *Top. Meteorol. y Oceanograficos*, pp. 41-55, 2014.
- [17] L. Vallejo Delgado, «Índice Ultravioleta», 2003.
- [18] S. Madronich y S. Flocke, «Theoretical Estimation of Biologically Effective UV Radiation at the Earth's Surface», *Sol. Ultrav. Radiat.*, vol. I, pp. 23-48, 1997.
- [19] M. Iqbal, *An introduction to solar radiation*. Academic Press, 1983.
- [20] K. Vanicek, T. Frei, Z. Litynska, y A. Schmalwieser, «UV- index for the public: a guide for publication and interpretation of solar UV index forecasts focvr the public», n.º January 2000, p. 27, 1999.
- [21] «Tropospheric Ultraviolet and Visible (TUV) Radiation Model | Atmospheric Chemistry Observations & Modeling (ACOM)». [En línea]. Disponible en: <https://www2.acom.ucar.edu/modeling/tropospheric-ultraviolet-and-visible-tuv-radiation-model>. [Accedido: 19-jun-2020].
- [22] C. M. Puliafito, S. E. Puliafito, J. L. Quero, y M. A. Gantuz, «Análisis de la variación de la columna total de ozono sobre la región de Mendoza en el período 1978-2000 y de los perfiles de ozono estratosféricos durante el período 1993-2000», *Rev. Univ. Mendoza*, 2002.
- [23] C. W. Taípe, M. Huillca, E. G. Mendoza, y J. R. Gallegos, «Comportamiento de la columna total de ozono obtenidos por el sensor EPTOMS de la NASA para la ciudad de Puno periodo 2005-2017», *Ing. USBMed*, vol. 10, n.º 2, pp. 25-30, 2019.
- [24] M. C. Gasca Mantilla, L. L. Camarco Ariza, y B. Medina Delgado, «Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles», *Rev. Tecnura*, vol. 18, n.º 40, pp. 20-35, 2014.
- [25] Y. D. Amaya Balaguera, «Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual Agile methodologies in the development of applications for mobile devices. present state», *Rev. Tecnol. / J. Technol.*, vol. 12, pp. 11-124, 2013.
- [26] A. J. D. Sanjuán, J. L. P. Rodríguez, y A. A. R. GOMEZ, «Comparación De Dos Tecnologías De Desarrollo De Aplicaciones Móviles Desde La Perspectiva De Los Atributos De Calidad», *Sci. Tech.*, vol. 20, n.º 1, pp. 81-87, 2015.
- [27] M. C. G. Mantilla, L. L. C. Ariza, y B. M. Delgado, «Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles», *Rev. Tecnura*, vol. 18, n.º 40, pp. 20-35, 2014.
- [28] F. Eraso-Checa, J. B. Jimenez, D. Escobar, y S. Insuasty, «Global radiation estimation using a polynomial function on UV index», *Proc. 2018 IEEE PES Transm. Distrib. Conf. Exhib. - Lat. Am. T D-LA 2018*, 2018.
- [29] J. L. Vargas y E. J. Alfaro, «Radiación ultravioleta (UV) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica», *Rev. Biol. Trop.*, vol. 64, n.º 1, pp. S75-S86, 2016.
- [30] M. Blal *et al.*, «A prediction models for estimating global solar radiation and evaluation meteorological effect on solar radiation potential under several weather conditions at the surface of Adrar environment», *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 152, p. 107348, 2020.
- [31] S. Alexandris, P. Kerkides, y A. Liakatas, «Daily reference evapotranspiration estimates by the "Copais" approach», *Agric. Water Manag.*, vol. 82, n.º 3, pp. 371-386, 2006.
- [32] H. Tabari, «Evaluation of reference crop evapotranspiration equations in various climates», *Water Resour. Manag.*, vol. 24, n.º 10, pp. 2311-2337, 2010.
- [33] B. Mei, W. Cheng, y X. Cheng, «Fog computing based ultraviolet radiation measurement via smartphones», *Proc. - 3rd Work. Hot Top. Web Syst. Technol. HotWeb 2015*, pp. 79-84, 2016.