

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL
ÍNDICE UV SOLAR USANDO ARDUINO Y LABVIEW (*Laboratory
Virtual Instrument Engineering Workbench*) EN EL DISTRITO DE
EL TAMBO - HUANCAYO”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
HUAMÁN CONES, WILSER**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

HUANCAYO-PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, quienes confiaron en mí y me apoyaron, incentivándome a que siga adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento a los catedráticos de la Universidad Alas Peruanas, quienes con sus sabias enseñanzas, han permitido que logre un escalón más en el mundo académico de ingeniería.; por sus acertados consejos y enseñanzas para que la investigación se desarrolle adecuadamente, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

A mis asesores que participaron constantemente con su apoyo profesional e incentivando a que continúe con el presente trabajo hasta su culminación. También a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en sus vida durante cinco años de convivir dentro y fuera del salón de clase, por dar sugerencias también para mejorar el presente trabajo.

A mi familia que me acompañó en esto momento, gracias por esa ayuda de forma incondicional, entendieron mis ausencias y mis malos momentos.

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1. Caracterización de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación del estudio	17
1.5. Importancia.....	18
1.6. Limitaciones de la investigación	19
CAPÍTULO II	20
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.1. Marco referencial.....	20
2.1.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.2. Referencias históricas	23
2.2. Marco legal	24
2.2.1. Ley	24
2.3. Marco conceptual	25
2.4. Marco teórico.....	30
2.4.1. Sistema de adquisición de datos	30

2.4.2. Arduino.....	34
2.4.3. Sensores de radiación UV.....	41
2.4.4. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench).....	42
2.4.5. Comunicación inalámbrica.....	45
2.4.6. Campos de utilización.....	46
CAPÍTULO III.....	47
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	47
3.1. Metodología.....	47
3.1.1. Método.....	47
3.1.2. Tipo de investigación.....	49
3.1.3. Nivel de investigación.....	50
3.2. Diseño de la investigación.....	50
3.3. Hipótesis de la investigación.....	51
3.4. Variables.....	51
3.4.1. Variable independiente.....	51
3.4.2. Variable dependiente.....	51
3.5. Cobertura del estudio.....	51
3.5.1. Universo.....	51
3.5.2. Muestra.....	51
3.5.3. Muestreo.....	52
3.6. Técnicas e instrumentos.....	52
3.6.1. Técnicas de la investigación.....	52
3.6.2. Instrumentos de la investigación.....	52
3.7. Procesamiento estadístico de la información.....	53
3.7.1. Estadístico.....	53
3.7.2. Representación.....	54
3.7.3. Técnica de comprobación de la hipótesis.....	55
CAPÍTULO IV.....	56
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	56
4.1. Resultados.....	56
4.1.1. Caracterización del radiómetro GUV y sistema Arduino.....	60
4.1.2. Resultados de los experimento.....	65
4.1.3. Dispersión y variabilidad temporal de aerosoles atmosféricos.....	66

4.2. Discusión de resultados	68
4.2.1. Comparación de valores del sistema Arduino-LabVIEW con el Índice UV IGP	68
4.2.2. Prueba estadística de la correlación	70
4.2.3. Graficas de variabilidad de las lecturas de IUV para los sistemas Arduino – LabVIEW e IGP-GUV	72
4.2.4. Determinación de Curvas de calibración para el sistema Arduino LabVIEW.	75
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82
ANEXOS	85

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- MINAM** : Ministerio del Ambiente.
- IGP** : Instituto Geofísico del Perú.
- I-UV** : Índice Ultravioleta Solar
- SENAMHI**: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
- OHY** : Observatorio de Huancayo.
- IPCC** : Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
- NASA** : National Aeronautics and Space Administration.
- NCAR** : National Center for Atmospheric Research.
- UV** : Ultravioleta
- mV** : Mili-voltios
- LabVIEW** : Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
- RUV** : Radiación Ultravioleta Solar

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Regiones de la Radiación Ultravioleta -----	26
TABLA N° 2: Tipos de Arduino -----	34
TABLA N° 3: Categorías de Exposición a la RUV Propuestas por el Presente Trabajo Y Sus Colores Respectivos, con Códigos de Color Internacional-----	77
TABLA N° 4: Datos Registrados del Índice UV con el Sistema Arduino e IGP, Correspondiente al Mes de Enero del 2017 -----	85
TABLA N° 5: Datos Registrados del Índice UV con el Sistema Arduino e IGP, Correspondiente al Mes de Febrero del 2017 -----	86
TABLA N° 6: Datos Registrados del Índice UV con el Sistema Arduino e IGP, Correspondiente al Mes de Marzo del 2017-----	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Onda Continua.....	25
FIGURA N° 2: Distribución de la Radiación Ultravioleta Según Definición de la Organización Mundial de la Salud	27
FIGURA N° 3: Mapa del Distrito de El Tambo	48
FIGURA N° 4: Mapa del Jirón San Martín N° 294 (Urbanización Ingeniería), del Distrito de El Tambo Donde se Registraron Datos del Índice Uv.	49
FIGURA N° 5: Esquema de Diseño Descriptivo.	50
FIGURA N° 6: Variación del Índice UV Durante el Día 24 de Enero del 2017 Registrado en el Observatorio de Huancayo.....	57
FIGURA N° 7: Variación del Índice UV Solar Durante el Día 17 de Febrero del 2017 Registrado en el Observatorio de Huancayo.	57
FIGURA N° 8: Variación del Índice UV Durante el Día 30 de Marzo del 2017 Registrado en el Observatorio de Huancayo.....	58
FIGURA N° 9: Variación del Índice UV Durante el Día 24 de Enero del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo.	59
FIGURA N° 10: Variación del Índice UV Durante el Día 17 de Febrero del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo.	59
FIGURA N° 11: Variación del Índice UV Durante el Día 30 de Marzo del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo.	60
FIGURA N° 12: Esquema del Radiómetro GUV-511 de la Fábrica Biospherical Instruments Inc. (EE.UU.), Instalado en el Observatorio de Huancayo	61
FIGURA N° 13: Esquema de Obtención de la Matriz Experimental.....	62
FIGURA N° 14: Sensor UV ML8511, Instalado en una Caja Portátil.	64
FIGURA N° 15: Diagrama de Bloque del Sensor UV ML8511	64
FIGURA N° 16: Variación del Índice UV Durante el Mes de Enero del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo y el IGP	65
FIGURA N° 17: Variación del Índice UV Durante el Mes de Febrero del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo y el IGP	66
FIGURA N° 18: Variación del Índice UV Durante el Mes de Marzo del 2017 Registrado en el Distrito de El Tambo y el IGP	66

FIGURA N° 19: El Diagrama de Bloque nos Estima la Variabilidad Temporal de Aerosoles Atmosféricos que el Mínimo es de 0.12 con un Máximo de 0.46 con un Cuartil (1=0.225, 2=0.275, 3=0.325), cual la Variación del Espesor Óptico de Aerosol Durante el Año 2017 Utilizando el Sensor Modis.....	67
FIGURA N° 20: Variación del Espesor Óptico de Aerosol Durante el Año 2017 Utilizando el Sensor Modis	68
FIGURA N° 21: Grafica de Correlación entre las Mediciones del Sensor UV Basado en el Sistema Arduino y del Radiómetro GUV-511 Instalados Ambos en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú.	69
FIGURA N° 22: Grafica de Correlación entre las Mediciones del Sensor UV Basado en el Sistema Arduino y del Radiómetro GUV-511 Instalados Ambos en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú Para el Día 23 de Enero del 2017.	70
FIGURA N° 23: Diagrama de Bloque Entre las Mediciones del Sensor UV Basado en el Sistema Arduino y del Radiómetro GUV-511 Para el Mes de Enero del 2017.	72
FIGURA N° 24: Diagrama de Bloque Entre las Mediciones del Sensor UV Basado en el Sistema Arduino y del Radiómetro GUV-511 Para el Mes de Febrero del 2017.	73
FIGURA N° 25: Diagrama de Bloque Entre las Mediciones del Sensor UV Basado en el Sistema Arduino y del Radiómetro GUV-511 Para el Mes de Marzo del 2017.	74
FIGURA N° 26: Grafica de Correlación Entre las Mediciones del Sensor UV y Voltaje en mV Basado en el Sistema Arduino Instalados en el Distrito de El Tambo. Para el Mes de Enero del 2017.....	75
FIGURA N° 27: Grafica de Correlación Entre las Mediciones del Sensor UV y Voltaje en mV Basado en el Sistema Arduino Instalados en el Distrito de El Tambo. Para el Mes de Febrero del 2017.....	75
FIGURA N° 28: Grafica de Correlación Entre las Mediciones del Sensor UV y Voltaje en mV Basado en el Sistema Arduino Instalados en el Distrito de El Tambo. Para el Mes de Marzo del 2017.	76

FIGURA N° 29: Variación Temporal de las Categorías del Índice UV Durante el Día 24 del Mes de Enero, Teniendo en Cuenta las Categorías de Exposición de la Escala de la Organización Mundial de Salud.....	77
FIGURA N° 30: Variación Temporal de las Categorías del Índice UV Durante el Día 17 del Mes de Febrero, Teniendo en Cuenta las Categorías de Exposición de la Escala de la Organización Mundial de Salud.....	78
FIGURA N° 31: Variación Temporal de las Categorías del Índice UV Durante el Día 30 del Mes de Marzo, Teniendo en Cuenta las Categorías de Exposición de la Escala de la Organización Mundial de Salud.....	78
FIGURA N° 32: Variación Temporal del Índice UV Durante Enero a Marzo.....	79

RESUMEN

Durante los últimos años se ha reportado especial preocupación por la excesiva exposición humana a la radiación UV que se ha venido incrementado dramáticamente, debido a cambios en los hábitos de las personas. En especial es debido a que el Perú recibe altos niveles de radiación UV y además la región andina, por su altitud de más de 2000 m.s.n.m. y sus ciclos libres de nubes, es una de las mayores del mundo. Por ello es necesario generar diversos dispositivos de menos costo para informar a la población sobre los niveles de Índice UV solar y los riesgos asociados para que la población tome las decisiones adecuadas para la protección de su salud.

Por ello este trabajo propone evaluar un sensor UV del sistema Arduino para la medición del índice UV en el distrito de El Tambo – Huancayo. Para esto se ha implementado un sensor UV del sistema Arduino de bajo costo modelo ML8511. También se han validado dichas mediciones del índice UV del sensor Arduino con respecto a las de un radiómetro espectral instalado en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú de reciente calibración en fábrica. Se realizó una evaluación estadística de la correlación entre ambos mediante una inter-comparación realizada en el Observatorio de Huancayo obteniéndose el mejor valor de correlación de 0.8795 y con un resultado de la prueba de Person como estadísticamente significativo ($p\text{-value} < 0.01$).

En base a estos resultados se ha podido concluir que existe una buena respuesta del sensor de bajo costo basado en el sistema Arduino, modelo ML8511 para medir la variabilidad de los niveles del Índice UV del distrito de El Tambo. Este equipo implementado tiene una correlación bastante alta (0.88) y significancia estadística para reproducir las mediciones del Índice UV. Esto permitiría generar una mayor cantidad de sensores de radiación UV que permita que la población tenga la capacidad de decidir sobre su salud.

Palabras Claves: Adquisición de Datos, Sistema Arduino, Labview, índice UV.

wilser_ambientalhc@hotmail.com

ABSTRACT

During the last years there has been a special concern about the excessive human exposure to UV radiation that has increased dramatically due to changes in people's habits. In particular, it is due to the fact that Peru receives high levels of UV radiation and also the Andean region, due to its altitude of more than 2000 m.s.n.m. and its cloud free cycles, is one of the largest in the world. For this reason, it is necessary to generate diverse devices of less cost to inform the population about the levels of the solar UV Index and the associated risks so that the population can make the appropriate decisions for the protection of their health.

Therefore, this work proposes to evaluate a UV sensor of the Arduino system for measuring the UV index in the district of El Tambo - Huancayo. For this, a UV sensor of the low cost Arduino system model ML8511 has been implemented. These measurements of the UV index of the Arduino sensor have also been validated with respect to those of a spectral radiometer installed at the Huancayo Observatory of the Geophysical Institute of Peru, recently calibrated at the factory. A statistical evaluation of the correlation between both was carried out through an inter-comparison made in the Huancayo Observatory, obtaining the best correlation value of 0.8795 and with a result of the Person test as statistically significant (p -value <0.01).

Based on these results, it has been possible to conclude that there is a good low-cost sensor response based on the Arduino system, model ML8511, to measure the variability of the UV Index levels of the El Tambo district. This implemented equipment has a fairly high correlation (0.88) and statistical significance to reproduce the UV Index measurements. This would allow generating a greater amount of UV radiation sensors that allows the population to have the ability to decide on their health.

Key Words: Data Acquisition, Arduino System, Labview, UV index.
wilser_ambientalhc@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La radiación ultravioleta solar (RUV) ha ocasionado diversos impactos en la salud humana principalmente debido a una excesiva exposición al sol ocasionando por ejemplo el cáncer de piel, cataratas oculares y supresión del sistema inmunológico. Por ello, se han desarrollado mecanismos para poder prevenir estos riesgos en la salud de la población, uno de ellos es el Índice Ultravioleta (Índice UV), que es un indicador rápido sobre la intensidad de la radiación ultravioleta y una herramienta útil para promover en las personas un cambio de actitud frente al sol.

En ese mismo sentido, investigaciones preliminares han mostrado que la zona de Huancayo por su ubicación geográfica (altura y latitud ecuatorial) está expuesta a altos niveles de radiación ultravioleta durante todo el año, que se comprueba en el presente trabajo. La amplia utilización del Índice UV reduciría el riesgo a adquirir el cáncer de piel, mediante una toma de decisión consciente de las personas para mejorar su salud. Por ello, el uso de un índice UV es necesario debido a los casos de enfermedades producidos por la radiación ultravioleta, presentados en los diversos centros de salud, y al posible aumento de los casos, por falta de una adecuada protección.

Para ello se plantea el siguiente Objetivo General: Validar los datos del Índice UV solar adquiridos por el sistema Arduino - LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) en el Distrito de El Tambo – Huancayo.

El Capítulo I presenta en forma puntual la problemática ambiental a solucionar y da el marco de sus diversos enfoques.

El Capítulo II recorre el marco teórico con una detallada revisión bibliográfica sobre los conceptos básicos de la radiación ultravioleta y el Índice UV. También antecedentes sobre los diversos componentes y procesos para el funcionamiento de una solución de bajo costo basado en el sistema Arduino, considerándose el sensor UV, modelo ML8511.

El Capítulo III hace un detallado estudio de las técnicas de medición y las diversas metodologías relacionadas. También se describe el aspecto de las pruebas estadísticas.

El Capítulo IV presenta los más importantes detalles de los resultados obtenidos tanto en la parte de mediciones aisladas como la campaña de mediciones de intercomparación entre los sensores de Arduino y radiómetro GUV.

Finalmente tenemos las conclusiones y recomendaciones donde esperamos que el Índice UV sea de fácil uso para la población de la zona, en especial al sector salud y educación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Caracterización de la realidad problemática

Trabajos anteriores han reportado que una exposición humana a la radiación UV se ha incrementado dramáticamente en los últimos años, debido a cambios en los hábitos de las personas. Así mismo, la disminución de ozono ha estado contribuyendo al incremento de radiación UV que llega a la superficie terrestre aunque existen las primeras evidencias de una recuperación en los últimos años. Como resultado de excesiva exposición al sol, se ha incrementado el número de casos de cáncer de piel, así como de cataratas a los ojos, también otros efectos en los ecosistemas terrestres se han evaluado e identificado (Agencia EFE Perú-Clima, 2016).

El Perú recibe altos niveles de radiación UV, que por su ubicación ecuatorial, tiene una mínima protección de la capa de ozono. Además en la región andina del Perú, por su altitud de más de 2000 m.s.n.m. y sus ciclos libres de nubes, se incrementa esta radiación, siendo una de las mayores del mundo. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) ha implementado estaciones de monitoreo de la radiación UV en diversas ciudades del Perú entre las cuales están: Lima, Arequipa, Piura, Cusco y Marcapomacocha (en la región Junín). También ha implementado un modelo

accesible vía internet ((SENAMHI, 2015)) para informar a la población, pero no hay información alguna sobre su validación en tierra de dichas mediciones (Alfaro, L., A. Llacza y O. Sanchez, 2016). En el caso de la ciudad de Huancayo, el sensor más cercano está instalado en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. Este sensor es un radiómetro espectral que tiene la capacidad de realizar mediciones en diferentes regiones espectrales de la radiación UV. A partir de estos datos espectrales, luego determina el valor del Índice UV (Biospherical Instruments Inc, 2002). En muchos casos son equipos de un costo en el rango de \$10,000 a \$30,000. Y estos datos son disponibles a la población en general mediante la presentación formal de una solicitud detallando la utilización final de la información. Sin embargo, no están disponibles de manera continua ni oportuna para que la población tome una decisión sobre la protección de su salud.

Por ello, es necesario que se generen diversos dispositivos de menos costo para informar a la población sobre los niveles de Índice UV solar y los riesgos asociados para que la población tome las decisiones adecuadas para la protección de su salud.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Serán válidas las mediciones del Índice UV solar adquiridas con el sistema Arduino-LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) comparadas con un radiómetro calibrado del IGP en el Distrito de El Tambo Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las Variaciones del Índice UV durante el mes de enero, febrero y marzo del 2017 registradas en el distrito de El Tambo mediante el sistema Arduino-LabVIEW y el IGP?
- ¿Será el sistema Arduino-LabVIEW, un sistema tecnológico de adquisición de datos de radiancia solar de bajo costo y precisión, capaz de medir el índice UV en el Distrito de El Tambo – Huancayo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Validar los datos del Índice UV solar adquiridos por el sistema Arduino - LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) en el Distrito de El Tambo – Huancayo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las variaciones del índice UV durante el mes de enero, febrero y marzo del 2017 en el distrito de El tambo, utilizando el sistema Arduino-LabVIEW y el radiómetro GUV-IGP.
- Determinar si el sistema Arduino-LabVIEW de adquisición de datos de radiancia solar, es de bajo costo y alta precisión para medir radiación UV en el Distrito de El Tambo-Huancayo.

1.4. Justificación del estudio

Los sistemas de adquisición de datos y dispositivos basados en Arduinos son baratos, pueden ser utilizados para futuros investigaciones, y de fácil acceso a la población estudiantil en general ya que puede ser portátil y de fácil entendimiento. Los niveles de radiación UV en la región Andina. Son de las más altas del mundo debido a su ubicación tropical, poca protección de la capa de ozono y ubicación sobre los 3000 m.s.n.m. También la población ha cambiado sus hábitos frente al sol principalmente aumentando su tiempo de exposición.

La excesiva exposición al Sol es una causa importante de daño a la piel. El primer daño es un eritema y ante continuas exposiciones al sol se produce el cáncer de piel. Al no existir información adecuada sobre sus efectos ni pronósticos correctos de los niveles de radiación UV la población no toma medidas adecuadas para protegerse de los efectos adversos de esta radiación. Esto ha ocasionado, según estudios de dermatólogos, que los casos de daños a la piel, cáncer de piel y daño ocular hayan aumentado. Esta problemática se ve acentuada con la imagen de que estar bronceado o estar

expuesto al sol es una actitud saludable. De este modo no existe una prevención frente a este problema de salud. Por ello, la dimensión adquirida en carga de enfermedad y atención sanitaria del cáncer, requiere que las instituciones reconozcan las iniciativas de prevención y control integral del cáncer como una prioridad de política pública de salud. A nivel Nacional existe el Plan Nacional para el Fortalecimiento de la prevención y control de cáncer en el Perú liderado por el Ministerio de Salud, el cual considera como una de sus prioridades el cáncer de piel y sobre el particular identifica el siguiente objetivo "Promover estilos de vida saludable en la población peruana y realizar la prevención del cáncer a través del control de los factores de riesgo" donde enfoca la necesidad de promover una menor exposición al sol y mayor información a sus efectos adversos (Congreso de la República, 2013). Así mismo por Ley 30102 está reglamentado la protección de las personas y trabajadores a la excesiva exposición al sol y ordena que el SENAMHI se la entidad que mantenga informado a la población sobre los valores diarios del Índice UV.

1.5. Importancia

Aunque la radiación UV en la región Andina es de las más altas del mundo, poca investigación se ha venido realizando para generar mecanismos de difusión de estos valores entre la población. Lo cual le permitirá tomar decisiones adecuadas sobre su salud (proteger su piel, ojos y otras enfermedades cutáneas). En ese sentido este trabajo es importante dado que se propondrá un sistema de bajo costo que haga accesible que las personas o las instituciones instalen dispositivos de Arduino para avisar a las personas sobre los niveles críticos de radiación UV. Así se enfoca un tema de salud pública e información para la prevención que es una herramienta eficaz en la gestión de la salud pública frente a los efectos adversos de la radiación UV como es el caso del cáncer de piel. El sistema Arduino simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesionales, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas: qué

son baratos que contiene plataforma, que tiene un entorno de programación simple, con código de software y hardware extensible.

1.6. Limitaciones de la investigación

Esta investigación tiene limitación de tres meses (Enero, Febrero, y Marzo) en el sentido que se tomó en estación de verano soleado, siendo la cobertura puntual en Jirón San Martín N° 294 (Urbanización Ingeniería), del distrito de El Tambo, con coordenadas 12°03'01'' Sur y 75°13'17'' Oeste.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

Como parte de la investigación preliminar en bibliotecas y en centro de investigación, se ubicó un conjunto de trabajos de investigación tipo tesis y artículos de revistas indexadas conteniendo aspectos a las investigaciones de carácter relevante son presentadas a continuación: Como primer antecedente es con Título de: **“Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua” realizado por Freddi Roland Rodriguez, de la Universidad Nacional de Jorge Basadre Grohmann en 2015.** La presente investigación se realizó con el objetivo de comprobar la influencia de la radiación solar en la salud de las personas; para concretar esta investigación se aplicó las técnicas: análisis de contenido, fichaje y una encuesta, teniendo en cuenta instrumentos preparados de acuerdo a los objetivos específicos de la investigación. Se solicitó datos históricos de la radiación solar ultravioleta al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); al Hospital Regional de la ciudad de Moquegua, sobre morbilidad por efectos de la radiación ultravioleta, los que fueron

procesados mediante cálculos estadísticos y sus respectivas apreciaciones, validaciones y contrastación de resultados. Luego de haber aplicado los instrumentos y realizado el procesamiento de datos se concluyó que los trastornos a la piel y del tejido subcutáneo no corresponden a una incidencia directa de la radiación solar ultravioleta (UV), pero es el principal indicador porque se da en las personas que se encuentran en edades que están expuestas diariamente a la radiación solar ultravioleta. Conclusiones fueron que la radiación solar ultravioleta que incidió en la ciudad de Moquegua en el periodo estudiado, registró un índice en un nivel de riesgo entre moderado y alto, según estándares dados a conocer a través del portal de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI. Se encuestaron a 200 personas de la ciudad de Moquegua de los cuales 146 (73%), manifestaron no tener conocimiento sobre los efectos nocivos que produce en la salud de las personas la incidencia de la radiación solar ultravioleta, estos hallazgos permitieron que los esfuerzos para minimizar el porcentaje elevado de desconocimiento en la población de la ciudad de Moquegua deben encauzarse en campañas de educación ambiental. (Lic. Freddi Roland Rodriguez, 2015).

Como segundo antecedente es con Título de: **Diseño E Integración de un sistema de Adquisición de datos mediante el uso de Arduino y Raspberry-Pi, realizado por Juan Alfredo Nuñez Rodriguez, de la Universidad Nacional Autónoma de México en 2014.** En este trabajo se describió el proceso de desarrollo e implementación de un Sistema de Adquisición de Datos (SAD), con el objetivo de que personas interesadas en el tema puedan desarrollar un sistema semejante al aquí diseñado, dándole un uso específico a estas tecnologías (Arduino y Raspberry-Pi). También se incluyó un desarrollo semejante en el sistema operativo Windows, con esto se resalta que el sistema es adaptable a cualquier entorno que funcione como servidor web y de

base de datos. Debido a que la Raspberry-Pi y Arduino son dispositivos relativamente nuevos en el mercado existe información limitada en cuestiones de estructura, por lo cual en este trabajo se explicaron algunas características de los mismos, incluyendo algunas aplicaciones que se les pueden dar, para que se tenga una idea del alcance que pueden tener, mostrando que la adquisición de cualquiera de estos dispositivos resulta útil y rentable para diferentes usos y aplicaciones. En la actualidad los SAD se utilizan para la investigación de variables físicas, el principal distribuidor de este tipo de sistemas es National Instruments con su producto LABVIEW, desafortunadamente este producto tiene un costo elevado, con este trabajo de esta tesis se pretende que las personas que no dispongan de los recursos necesarios para adquirir un SAD puedan desarrollar el suyo a un bajo costo y con un funcionamiento práctico (Nuñez Rodriguez, 2014).

Y finalizando antecedentes es con el titulado de: **“Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms”, realizado por Washinton Patricio Hidalgo Guacho, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador del 2015.** En los últimos años se ha facilitado enormemente el trabajo con los microcontroladores al bajar los precios, aumentar las prestaciones y simplificar los montajes, de manera que en muchas ocasiones vale la pena utilizarlos en aplicaciones donde antes se utilizaba lógica discreta.

Mediante un microcontrolador PIC, podemos realizar diferentes máquinas electrónicas que incluso puedan sustituir el trabajo humano, La solución a la problemática planteada se puede dividir en “hardware” y en “software”.

Se diseñó e implementó un sistema de adquisición de la señal biométrica “temperatura corporal de una persona”, utilizando tecnología

móvil (teléfono) - para brindar la posibilidad de transmitir inalámbricamente hacia el teléfono del médico tratante.

Se emplearon técnicas de investigación, métodos lógicos y sistémicos para modelar el prototipo, “software” de programación como Arduino 1.5.6 y Lenguaje C Basic, sensor LM35 que se encarga de monitorear la temperatura corporal el módulo Arduino Diecimila, dispositivos electrónicos, LCD para visualizar los mensajes, módulo de transmisión y recepción GSM SIM900 para la comunicación inalámbrica.

Este dispositivo fue diseñado con el módulo Arduino Diecimila como cerebro principal, encargado de recolectar los datos transmitidos por el sensor Im35 convirtiéndolos de datos analógicos a digitales mediante técnicas de programación en Arduino, que al sobrepasar el rango establecido como temperatura corporal normal-el módulo SIM900 programado por comandos AT (que son instrucciones codificadas que proporcionan la comunicación de los módems)-envíe un mensaje de texto al teléfono del médico tratante con los datos de la temperatura.

Se realizaron pruebas de funcionamiento con el dispositivo y un medidor de temperatura corporal electrónico el cual dio un rango de precisión de +/- 2 grados centígrados, y en el momento de la transmisión un rango de tiempo de 1 minuto en el envío y recepción del mensaje, obteniendo una efectividad del 95% en la realización de las pruebas, pudiendo ser usado en cualquier lugar del campo de la medicina, llegando a cumplir con el objetivo propuesto (Washington Patricio Hidalgo Guacho, 2015).

2.1.2. Referencias históricas

Desde comienzos de los años setenta se ha detectado en todo el mundo un pronunciado incremento de la incidencia de cánceres de piel en poblaciones de piel clara, estrechamente vinculado a las costumbres personales de exposición al sol y a su componente ultravioleta (UV), así como a la percepción social de que el bronceado es deseable y saludable. Se necesitan urgentemente programas educativos para dar

a conocer mejor los efectos nocivos de la radiación UV e impulsar cambios de los estilos de vida que frenen la tendencia al aumento continuo de los casos de cáncer de piel.

El índice UV solar mundial (IUV) descrito es una medida sencilla de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre y un indicador de su capacidad de producir lesiones cutáneas, que sirve como vehículo importante para hacer conciencia en la población y advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación UV. El IUV es el fruto de una labor internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) y la Oficina Federal Alemana para la Protección contra la Radiación (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS). Desde su primera publicación en 1995, se han realizado varias reuniones internacionales de expertos (les Diabletes; Munich; Baltimore, 1996, 1997 y 2002), con el fin de armonizar la forma de comunicar el índice UV y mejorar su uso como instrumento educativo para fomentar la protección solar. Eva Rehfuss, se basa en el consenso alcanzado en la reunión de Munich y está destinada a ser usada por las autoridades nacionales y locales y las organizaciones no gubernamentales que realizan actividades de prevención del cáncer de piel, así como por los centros de meteorología y los medios de comunicación que informan sobre el IUV. (Rehfuss, 2000)

2.2. Marco legal

2.2.1. Ley

Constitución política del Perú, capítulo II del ambiente y los recursos naturales.

- **Ley N° 28611** - Ley General del Medio Ambiente en Perú

- **Decreto de Urgencia 019-2008** Declaran de interés nacional la implementación y aplicación de la tecnología alternativa de calefacción “Sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta” denominada “Muro Trombe”.
- **Ley N° 30102** Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar, Congreso de la República.
- **DL N° 1002.** Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

2.3. Marco conceptual

- Longitud de Onda, Fotones y Energía: La energía que provee de calor y vida a la superficie terrestre viaja desde el Sol en forma de radiación. Esta radiación tiene una naturaleza dual:
Puede ser representada como onda continua (Fig. 1). La distancia entre picos es la longitud de onda (λ) y el número de ciclos completos pasando por un punto fijo en 1s es la frecuencia (ν). Estos son inversamente proporcionales a través de la relación:

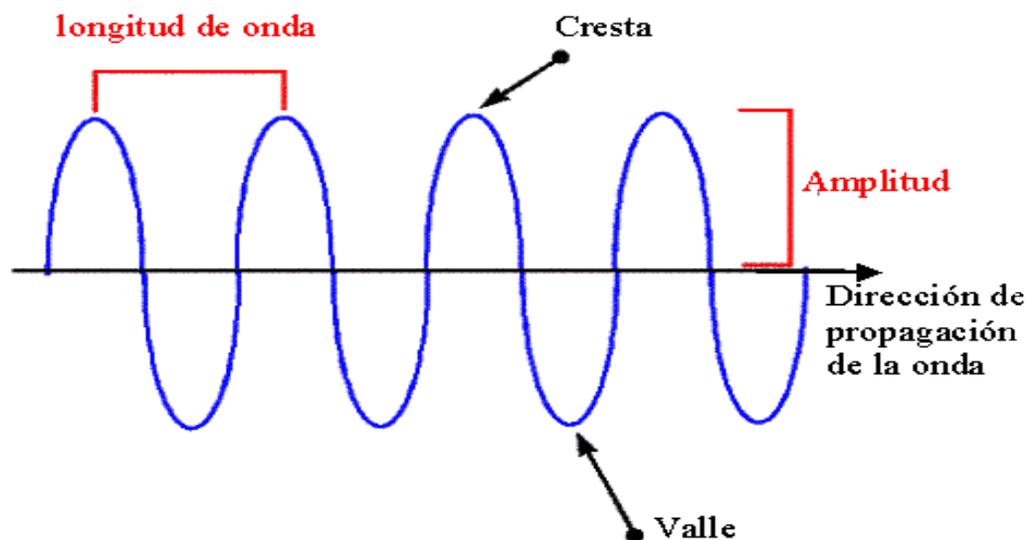


Figura N° 1: Onda Continua

Donde:

c ; velocidad de la luz en el vacío, 2.9979×10^8 m/s

Considerándolo como partícula, la energía de un cuanto de luz E es:

$$E = h \cdot \nu$$

Relacionando ambas propiedades:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Donde:

h ; Constante de Planck, 6.6262×10^{-34} J.s

Es su naturaleza de partícula la que necesitamos entender, para explicar las interacciones de la radiación, ozono y organismos biológicos (EcuRed, 2017).

- **Regiones de Radiación Ultravioleta:** La radiación ultravioleta (RUV), representa una pequeña porción de la radiación total del Sol que alcanza la superficie terrestre. La RUV se divide en 3 regiones del espectro solar UV-A, UV-B y UV-C, como se muestra en la Fig. 1.4; las cuales juntas hacen cerca del 8,3 % de la radiación total proveniente del Sol. La Tabla 1.2 muestra la porción del espectro de RUV dividida:

Tabla N° 1: Regiones de la radiación ultravioleta

Espectro UV	λ(nm)	Característica
UV-A	400 – 315	No es absorbido por el ozono
UV-B	315 - 280	Parcialmente absorbido por el ozono
UV-C	100 – 280	Completamente absorbido por el ozono

Fuente: OMS

Esta división de la RUV es conveniente para el entendimiento de su interacción con el ozono y los organismos biológicos. Así, la RUV de tipo

A (RUV-A) no es absorbida por el ozono y por lo general no daña a organismos biológicos, mientras que la de tipo B (RUV-B) es parcialmente absorbida por el ozono y puede dañar en gran manera los organismos biológicos, y la de tipo C (RUV-C), la más energética, es casi completamente absorbida por el ozono y oxígeno, muy poca incide en la superficie terrestre, por lo cual no es de preocupación para los organismos terrestres (Agencia EFE Perú-Clima, 2016).

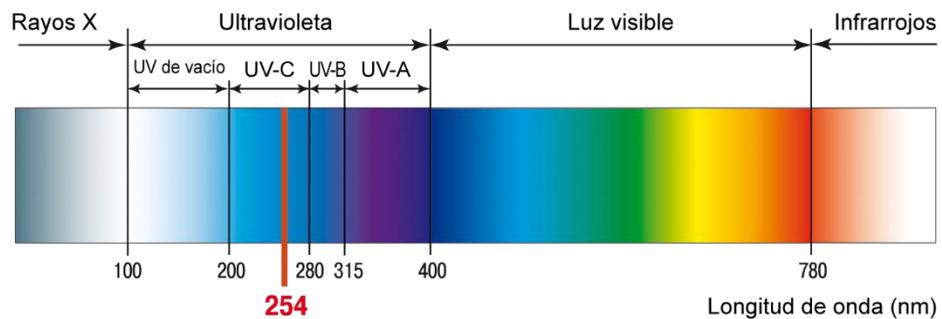


Figura N° 2: Distribución de la radiación ultravioleta según Definición de la Organización Mundial de la Salud

- **Índice UV:** Es la de ser una medida de la intensidad de la RUV en la superficie de la Tierra que produce efectos en la piel humana. Este índice se reporta como un valor entero máximo diario promediado para un tiempo de 30 minutos, por lo menos, sin embargo en los lugares donde existen mediciones continuas es recomendable reportar el I-UV para un promedio de 5 a 10 minutos durante el día. Por otra parte, la información cuantitativa del I-UV permite determinar el tiempo máximo de exposición al Sol sin riesgo, dependiendo del fototipo de piel.

Por ejemplo, en el caso de Lima el nivel máximo de radiación UV-B durante el mes de mayo de 2017 alcanzó una intensidad de 8, equivalente a tener un nivel de riesgo moderado; este valor presentó una disminución de 11,1% respecto a igual mes del año anterior. (INEI, 2017)

Considerando que el Perú es una zona de elevados niveles de radiación solar se dictó la Ley N° 30102 (Congreso de la República, 2013) con el objetivo de establecer medidas de prevención, la que dispone medidas

preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar. Se establece obligaciones específicas a los titulares de las instituciones y entidades públicas y privadas como:

- ✓ Informar y sensibilizar al personal sobre los riesgos por la exposición a la radiación ultravioleta y su forma de prevenirla.
 - ✓ Disponer que las actividades que no se realicen en ambientes protegidos de la radiación ultravioleta se efectúen entre las 8:00 y 10:00 horas o a partir de las 16:00 horas.
 - ✓ Disponer de accesorios de protección contra los rayos ultravioleta como sombreros, gorros, anteojos y bloqueadores solares, etc.
 - ✓ Colocar carteles indicando “La exposición prolongada a la radiación solar produce daño a la salud”.
 - ✓ Los centros educativos deben de contar con áreas protegidas contra la radiación ultravioleta para actividades al aire libre.
- Efectos adversos en la piel: La capacidad de la radiación UV a suprimir la defensa inmunológica de la piel, significará mayores proporciones de cáncer a la piel, debido a su reducida capacidad de destruir un tumor creciente.

“Quemado” por el Sol es la forma más ampliamente experimentada de daño solar agudo a la piel. Es un envejecimiento de la piel, el cual en casos severos produce ampollas, disminución de células Langerhans, y la infiltración de la dermis y epidermis por una variedad de células inflamatorias, luego la piel responde con hiperproliferación.

El fotoenvejecimiento de la piel es una consecuencia bien documentada a exposición del Sol. Esta piel “fotoenvejecida,” caracterizada por arrugas, pigmentación alterada y pérdida de elasticidad, es asociada con un sobre crecimiento de fibras elásticas anormales en la dermis, y una disminución de colágenos, donde especies reactivas de oxígeno han sido implicados en la etiología del fotoenvejecimiento (Alfaro, L., A. Llacza y O. Sanchez, 2016).

- **Energía:** Es la capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz calor, etc. Diversos recursos naturales o fenómenos de la naturaleza son capaces de suministrar y brindar energía en una cualquiera de sus formas, por lo que se les considera fuentes naturales de energía o recursos energéticos (Krannnich Solar, 2013).
- **Radiación solar:** Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro, en el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a la temperatura ya citada. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidos por los gases de la atmosfera (Wilks, 1995).
- **Radiación Ultravioleta:** También denominado radiación UV, la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400nm. Ya que su nombre proviene de que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de los humanos identificamos como el color violeta, pero dicha luz o longitud de onda, es imposible al ojo humano al estar por encima del espectro visible (Suarez, L. J. Flores, A. Pereira Filho y H. Karam,, 2017).
- **Sensor UV:** Dispositivo fotodiodo ML8511, usado el módulo o dispositivo Arduino, que es medir la luz a ciertas longitudes de ondas, la radiación ultravioleta es analógico según tablas del Arduino (LAPIS, 2013).
- **Sensor Espectral:** Dispositivo de medición que permite la determinación simultánea de diversas regiones espectrales de la radiación solar sea UV, IR o visible. Suele caracterizarse por tener un ancho de banda centrada en valores puntuales de la radiación solar (Krannnich Solar, 2013).
- **LabVIEW:** Es un sistema automatizado que facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Toda la plataforma, incluyendo sus componentes de hardware

(esquemáticos) y Software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos (Alfredo, 2014).

2.4. Marco teórico

Con el surgimiento de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación y la microelectrónica ha sido el fundamento de un avance en la humanidad extraordinario. Esta revolución ha permeado todas las actividades humanas, hoy en día la mayoría de disciplinas, profesiones, y en general, muchas actividades utilizan la ciencia de la computación.

Muchas de las aplicaciones de hoy en día no serían posibles sin el uso de sensores, ya que ellos tienen la capacidad de informarnos de los cambios en magnitudes físicas, para su conocimiento y control. La utilización de sensores es indispensable en la automatización de industrias, por lo que un gran número de dispositivos de medición utiliza un principio eléctrico básico para cualquier etapa en la recolección de datos, ya sea captura, acondicionamiento, procesamiento, almacenamiento, etc.

2.4.1. Sistema de adquisición de datos

Son dispositivos creados para adquirir y almacenar, procesar o transmitir grandes cantidades de información de una forma autónoma. Todos los sistemas de adquisición de datos se utilizan para capturar señales del mundo exterior, para analizar su contenido, para realizar alguna acción o simplemente para llevar un registro, estas señales pueden provenir de dos tipos de fuentes:

- Las que provienen de fuentes directas que principalmente generan señales eléctricas.
- Las que provienen de transductores, estos convierten alguna señal del exterior en una señal que pueda ser analizada por el sistema (generalmente son convertidas en señales eléctricas).

De acuerdo al tipo de señales que analiza un sistema, se pueden clasificar en dos tipos, sistemas analógicos: son aquellos que analizan señales continuas las cuales pueden tener valores que están dentro del

campo de los números reales y sistemas digitales: son aquellos que analizan señales de forma discreta, en este tipo de señales se obtienen una sucesión de valores discretos los cuales son representados por el sistema de acuerdo al tiempo en el que fueron capturados, este tipo de sistemas solamente reconocen dos tipos de valores: voltaje de corriente directa (VCD) representado por una carga de 5[v] y voltaje de tierra (VGND) donde el valor teórico es 0[v] (Manual del Arduino, 2015)

A. Características

A continuación se describen algunas características que deberían tener el sistema de adquisición de datos (SAD), sin importar el propósito para el cual fueron diseñados:

- *Canales de adquisición:* Los canales de adquisición son vías por las cuales un SAD obtiene información del exterior, dependiendo del tipo de canal, es decir del tipo de señal que capta, ya sea una señal discreta o una señal continua, pueden ser canales digitales o canales analógicos. Es importante considerar el número de canales disponibles para la adquisición de datos y el número de canales disponibles para la comunicación de la información entre el dispositivo y el entorno (por ejemplo alguna interfaz, almacenamiento en memoria, etc.). El SAD deberá tener el número de canales necesarios para la adquisición de información, es decir, de acuerdo a las necesidades el sistema deberá contar con un número de canales analógicos que soporten en la entrada del sistema la señal de salida de un sensor o transductor.
- *Autonomía:* Es la capacidad del sistema de funcionar sin la intervención del ser humano, está determinada por factores como el consumo de electricidad, capacidad y límite de almacenamiento, efectividad de canales y medios de transmisión, capacidad de corrección de errores (propios del

sistema, por ejemplo que el *software* caiga en un *loop* infinito) etc., es decir si alguna de estas características falla es necesario la intervención del ser humano para corregir errores o dar mantenimiento al sistema.

- *Capacidad de almacenamiento:* La capacidad de almacenamiento se refiere al volumen de información que un sistema puede almacenar, generalmente los sistemas utilizan memorias de acceso secuencial, sin embargo en el SAD desarrollado en este trabajo, la parte de almacenamiento de información se dejará aparte, dejándolo sólo como instrumento de captura y envío de información, para después utilizar una base de datos para el almacenamiento de dicha información.
- *Capacidad de comunicación:* Es la capacidad de transmitir la información requerida a otros entornos o sistemas, por ejemplo un archivo de texto, una memoria MicroSD, un servidor de base de datos u otro sistema. Por lo general un SAD captura datos y recibe instrucciones para almacenarlos en alguna parte (archivos, memorias, o en base de datos), sin embargo en este trabajo se pretende que estas instrucciones sean invisibles para el usuario y que el sistema se encuentre continuamente adquiriendo y almacenando información, con lo que se pretende que este sea un sistema en tiempo real. El SAD deberá tener la capacidad para comunicarse con otros dispositivos, es decir deberá utilizar un estándar para la comunicación al exterior, esto con la finalidad que otros dispositivos que utilicen dicho estándar puedan obtener la información e interpretarla adecuadamente, por ejemplo se puede estandarizar la velocidad de transmisión de datos, por ejemplo el número de *baudios* transmitidos por segundo.

- *Capacidad de procesamiento, decisión y acción:* Los SAD están diseñados exclusivamente para obtener información del exterior e interpretarla, para luego enviarla a una computadora para que sea almacenada, estudiada o procesada. Debido al avance en microcontroladores y microcomputadoras en el mismo SAD la información puede ser procesada y con base a los resultados que se obtengan el sistema pueda determinar qué acciones tomar para evitar daños, corregir errores o informar a una persona para que este tome la decisión adecuada.
- *Velocidad:* La velocidad es el tiempo en que el sistema puede tomar valores fiables de la señal medida, procesarla y arrojar un resultado integro. Generalmente esta velocidad está determinada por un cristal de cuarzo que tiene una oscilación natural que es utilizada como ciclo de trabajo del sistema.
- *Resolución:* La resolución se refiere al rango de valores que el sistema puede capturar y procesar.
- *Costo:* El costo es muy importante, debido a que es un factor crítico en la industria. El costo de la automatización de algún sistema debe ser una inversión rentable para que se considere su implementación. Para el caso de la comunidad académica, este no deja de ser factor de gran importancia, dado que cualquiera que desee elaborar un sistema para estudiar algún fenómeno debe considerar un costo no muy elevado para poder implementarlo.
- *Tamaño físico y portabilidad:* El tamaño y la portabilidad también son muy importantes ya que deberá ser desarrollado de tal manera que pueda ser transportado y utilizado en cualquier parte.

2.4.2. Arduino

El sistema Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en software y hardware muy fáciles de usar. Está pensado para diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear entornos interactivos.

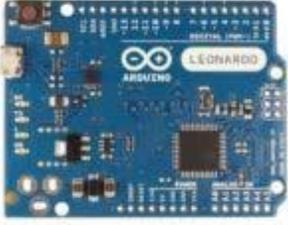
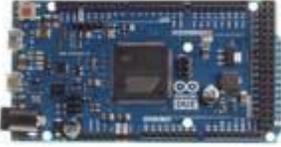
Los proyectos que se realiza pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en un ordenador.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el `_Arduino Programming Language_` (basado en Wiring1) y el `_Arduino Development Environment_` (basado en Processing2). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas. A continuación en la tabla se muestran tipos de Arduino. (Manual del Arduino, 2015).

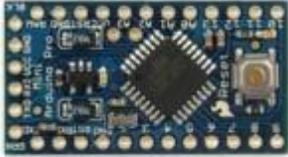
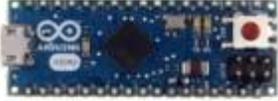
Tabla N° 2: Tipos de Arduino

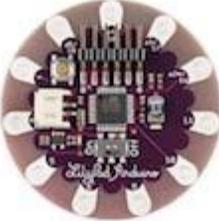
Modelo	Características
<p data-bbox="370 1518 539 1545">Arduino UNO</p> 	<ul data-bbox="803 1476 1425 1854" style="list-style-type: none">• Microcontrolador: ATmega328• Voltaje de funcionamiento: 5 V• Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)• Pines de entradas análogas: 6• Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA• Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA• Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader• SRAM: 2 KB (ATmega328)• EEPROM: 1 KB (ATmega328)• Velocidad de reloj: 16 MHz
	<ul data-bbox="803 1864 1247 1894" style="list-style-type: none">• Microcontrolador: ATmega32u4

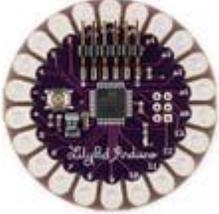
<p>Arduino Leonardo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas:12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB (ATmega32u4) • EEPROM: 1 KB (ATmega32u4) • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p>Arduino Due</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador:AT91SAM3X8E • Voltaje de funcionamiento:3.3 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 12 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas:12 • Corriente DC total en todos los pines I/O: 130 mA • Corriente DC en el pin de 5 V:800 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 800 mA • Memoria Flash: 512 KB disponibles para las aplicaciones de usuario. • SRAM: 96 KB (dos bancos: 64KB Y 32 KB) • Velocidad de reloj: 84 MHz
<p>Arduino Yún</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador AVR • Arduino: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas:12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2.5 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz • Procesador Linux: Atheros AR9331 • Arquitectura: MIPS @400MHz • Ethernet: IEEE 802.3 10/100Mbit/s • WiFi: IEEE 802.11b/g/n • USB Tipo A: 2.0 • Lector de tarjeta: sólo Micro-SD • RAM: 64 MB DDR2 • Memoria Flash:16 MB
<p>Arduino Robot</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 5 • Canales PWM: 6

	<ul style="list-style-type: none"> • Canales de entradas análogas:4 (de los pines digitales I/O) • Canales (multiplexados) de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB (ATmega32u4) • EEPROM (interno): 1 KB (ATmega32u4) • EEPROM (externo): 512 KB (I2C) • Velocidad de reloj: 16 MHz • Teclado: 5 teclas • Perilla: Potenciómetro conectado a un pin análogo • LCD a color: Comunicación SPI • Lector de tarjetas SD: Para tarjetas formateadas FAT16 • Altavoz: 8 Ohms • Compás digital: Proporciona la desviación desde el norte geográfico en grados • Áreas de prototipado: 4
<p>Arduino Esplora</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2.5 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz • 4 Push bottons • Joystick análoga con un push botton central • Potenciómetro lineal • Micrófono • Fotorresistor • Sensor de temperatura • Acelerómetro de 3 ejes • Buzzer • Led RGB • Conector para LCD
<p>Arduino Mega ADK</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas:16 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 8 KB • EEPROM: 4 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz

<p>Arduino Ethernet</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 4 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 6 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB (ATmega328) • EEPROM: 1 KB (ATmega328) • Velocidad de reloj: 16 MHz • Controlador embebido Ethernet W5100 TCP/IP • Tarjeta MicroSD, con adaptadores activos de voltaje
<p>Arduino Mega 2560</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 16 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 8 KB (ATmega328) • EEPROM: 4 KB (ATmega328) • Velocidad del reloj: 16 MHz
<p>Arduino Mini</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p>Arduino Nano</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega168 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 1 KB

	<ul style="list-style-type: none"> • EEPROM: 512 bytes • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p>Arduino Pro Mini</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega168 • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 1 KB • EEPROM: 512 bytes • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>Arduino Pro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega168 • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 6 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 1 KB • EEPROM: 512 bytes • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>Arduino Micro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 5 V • Pines I/O digitales: 20 • Canales PWM: 7 • Pines de entradas análogas: 12 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA • Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2.5 KB (ATmega32u4) • EEPROM: 1 KB (ATmega32u4) • Velocidad de reloj: 16 MHz
<p>Arduino Fio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328P • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 8 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA

	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>LilyPad Arduino USB</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega32u4 • Voltaje de funcionamiento: 3.3 V • Pines I/O digitales: 9 • Canales PWM: 4 • Pines de entradas análogas: 4 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2.5 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>LilyPad Arduino Simple</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328 • Voltaje de funcionamiento: 2.7-5.5 V • Pines I/O digitales: 9 (de los cuales 5 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 4 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>LilyPad Arduino SimpleSnap</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega328 • Voltaje de funcionamiento: 2.7-5.5 V • Pines I/O digitales: 9 (de los cuales 5 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 4 • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 2 KB • EEPROM: 1 KB • Velocidad de reloj: 8 MHz
<p>LilyPad Arduino</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega168V • Voltaje de funcionamiento: 2.7-5.5 V • Pines I/O digitales: 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • Pines de entradas análogas: 6

	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA • Memoria Flash: 16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader • SRAM: 1 KB • EEPROM: 512 bytes • Velocidad de reloj: 8 MHz
---	---

Fuente: www.arduino/tipo/internet.com

A. ¿Por Qué Arduino?

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas microcontroladoras disponibles para computación física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y muchas otras ofertas de funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar.

Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

- *Barato:* Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del módulo Arduino puede ser ensamblada a mano, e incluso los módulos de Arduino pre ensamblados cuestan menos de 50\$.
- *Multiplataforma:* El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.
- *Entorno de programación simple:* El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación Processing, de manera que

estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de Arduino.

- *Código abierto y software extensible*: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. De forma similar, puedes añadir código AVR-C directamente en tus programas Arduino si quieres.
- *Código abierto y hardware extensible*: El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender cómo funciona y ahorrar dinero. (Alfredo, 2014)

2.4.3. Sensores de radiación UV

Los sensores son dispositivos que transforman los cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

El módulo ML8511 es un sensor de luz ultravioleta (UV), entrega una señal analógica que depende de la cantidad de luz UV que detecta. Es usado en proyectos de monitoreo de condiciones ambientales como el índice UV.

El sensor ML8511 detecta luz con una longitud de onda entre 280-390nm, este rango cubre tanto al espectro UV-B como al UV-A. La salida analógica está relacionada linealmente con la intensidad UV (mW/cm²). Esta señal analógica puede ser conectada a un

microcontrolador para ser convertido por un ADC y así trabajar con la medición.

Especificaciones técnicas

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Salida analógica
- Longitud de onda: 280-390nm
- Consumo ultra-bajo de energía
- Aplicaciones Meteorológicas, cuidado de la piel, medición industrial de nivel UV. (Manual del Arduino, 2015)

2.4.4. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)

Es un lenguaje de programación gráfico diseñado para ingenieros y científicos para desarrollar aplicaciones de pruebas, control y medidas. La naturaleza intuitiva de la programación gráfica de LabVIEW lo hace fácil de usar. LabVIEW es el acrónimo de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. National Instruments es la empresa desarrolladora y propietaria de LabVIEW, comenzó en 1976 en Austin Texas y sus primeros productos eran dispositivos para el bus de instrumentación GPIB. En abril de 1983 comenzó el desarrollo de lo que sería su producto estrella: LabVIEW, que vería la luz en octubre de 1986 con el lanzamiento de LabVIEW 1.0. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardan en ficheros llamados VIs (*Virtual Instruments*) y con la misma extensión.

Los VIs imitan a los instrumentos físicos tanto en su apariencia como en su operación. Entre las ventajas que encontramos al utilizar LabVIEW tenemos: La primera ventaja de usar LabVIEW es que es compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar a

la vez con programas de otra área de aplicación, como Matlab o Excel. Además se puede utilizar en muchos sistemas operativos, incluyendo Windows y UNIX, siendo el código transportable de uno a otro. Otra de las ventajas más importantes que tiene este lenguaje de programación es que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica, llamado lenguaje G. Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y versátiles. Estos serían complicados de realizar en bases como C++, donde el tiempo de programación para lograr el mismo efecto sería muchas veces mayor. Es un programa que contiene librerías especializadas para manejos de tarjetas de adquisición de datos (DAQ: Data Acquisition), redes, comunicaciones, análisis estadístico, comunicación con bases de datos (útil para una automatización de una empresa a nivel total). Como se programa creando subrutinas en módulos de bloques, se pueden usar otros bloques creados anteriormente como aplicaciones por otras personas. Los VIs de LabVIEW contienen tres componentes principales: el panel frontal, el diagrama de bloques, y el panel de icono/conector:

- *El panel frontal:* Es la interfaz que observa el usuario, en este panel es donde se colocan los controles, indicadores, gráficos, etcétera, todos interactivos con el usuario. Los controles los constituyen perillas, conmutadores, potenciómetros deslizantes y otros dispositivos de entrada, que suministran los datos de entrada al VI. Los indicadores son gráficos, leds y otros tipos de displays que

simulan los dispositivos de salida y visualizan los datos adquiridos o generados por el VI.

- *El diagrama de bloques:* Es donde se introduce el código, donde se realiza la programación, permite al usuario crear soluciones completas uniendo iconos de una forma totalmente gráfica y según una estructura jerárquica, los bloques son módulos software pre programados que aparecen como iconos en la pantalla, algunos iconos son estándares para cualquier aplicación, pero otros corresponden a un hardware específico del sistema de medida o creados por el programador.
- Dentro de este panel igual se encuentran *los icono y sus respectivos conectores* (se le conoce como panel icono conector).

Una vez construidos el panel frontal y el diagrama de bloques, se puede diseñar el icono y conector, ya que cada VI se puede usar como un subVI. Cada VI muestra su icono en la parte superior derecha de las ventanas de panel frontal y diagrama de bloques. El icono es una representación gráfica del VI, puede contener texto, imágenes o una combinación de ambas. Al utilizar el VI como un subVI el icono identifica a éste en el diagrama de bloques del VI principal. Al hacer doble *click* sobre él se puede editar para su personalización. También es necesario diseñar una rejilla de conexión para la utilización del VI como subVI. La rejilla de conexión es un conjunto de terminales que corresponden a los controles e indicadores del VI. Esto es similar a la lista de parámetros en una llamada a una función en los lenguajes de programación basados en texto. La rejilla de conexión define las entradas y salidas que se pueden conectar al VI, la rejilla de conexión recibe los datos en los terminales de entrada y los pasa al código del diagrama de bloques a través de los controles del panel frontal y recibe los resultados en sus salidas a través de los indicadores del panel frontal. Un subVI

es análogo a un método en los lenguajes de programación basados en texto (Alfredo, 2014).

2.4.5. Comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica (inglés *wireless*, sin cables) es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.

- *Aspecto histórico y generalidades*

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares donde la computadora no se encuentra en una ubicación fija (almacenes, oficinas de varios pisos, etc.); pero se trata de una tecnología sometida a investigación que en el futuro será utilizada de forma general.

Cabe también mencionar actualmente que las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta 1 Gbps (Red Gigabit), las inalámbricas alcanzan sólo hasta 108 Mbps.

Se puede realizar una “mezcla” entre inalámbricas y alámbricas, de manera que pueden funcionar de la siguiente manera: que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica sea la que le proporcione movilidad al equipo y al operador para desplazarse con facilidad en distintos campos (almacén u oficina).

Un ejemplo de redes a larga distancia son las Redes públicas de Conmutación por Radio. Estas redes no tienen problemas en

pérdida de señal, debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en vez de comunicaciones por voz.

Actualmente, las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre para transmitir, entre dispositivos. (Washington Patricio Hidalgo Guacho, 2015)

2.4.6. Campos de utilización

La tendencia a la movilidad y la difusión hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, etc.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

Para desarrollar la presente investigación, se considerará el método científico como método general. El método científico según Van Dalen (1986) es el modo ordenado de proceder para el conocimiento de la verdad, en el ámbito de determinada disciplina científica”. El método de investigación científico es un procedimiento de actuación general que se sigue en el conocimiento científico; por lo tanto, el procedimiento científico se concreta en un conjunto de fases o etapas. Los procedimientos a seguir son:

- Identificación del problema de investigación.- Identificar un problema que tenga impacto social o científico.
- Formulación del problema de investigación.- De tal manera que su solución sea viable y posible.
- Formulación de la hipótesis de investigación.- Someter a prueba la hipótesis de investigación, de acuerdo al diseño y planteamiento del problema.

- Procesar los datos con el propósito de proporcionar nuevos conocimientos a la ciencia o de dar solución a un problema real.

A. Ubicación geográfica

El estudio de investigación se realizó en tres meses (Enero, Febrero, y Marzo) en el sentido que se tomó en estación de verano soleado, siendo la cobertura puntual de Jirón San Martín N° 294 (Urbanización Ingeniería), del Distrito de El Tambo donde se realizaron monitoreo constante de cada mes. Y también se realizaron en el Instituto geofísico del Perú ubicado en el distrito de Huachac. Ambos sensores en el mismo lugar midiendo datos del índice UV.

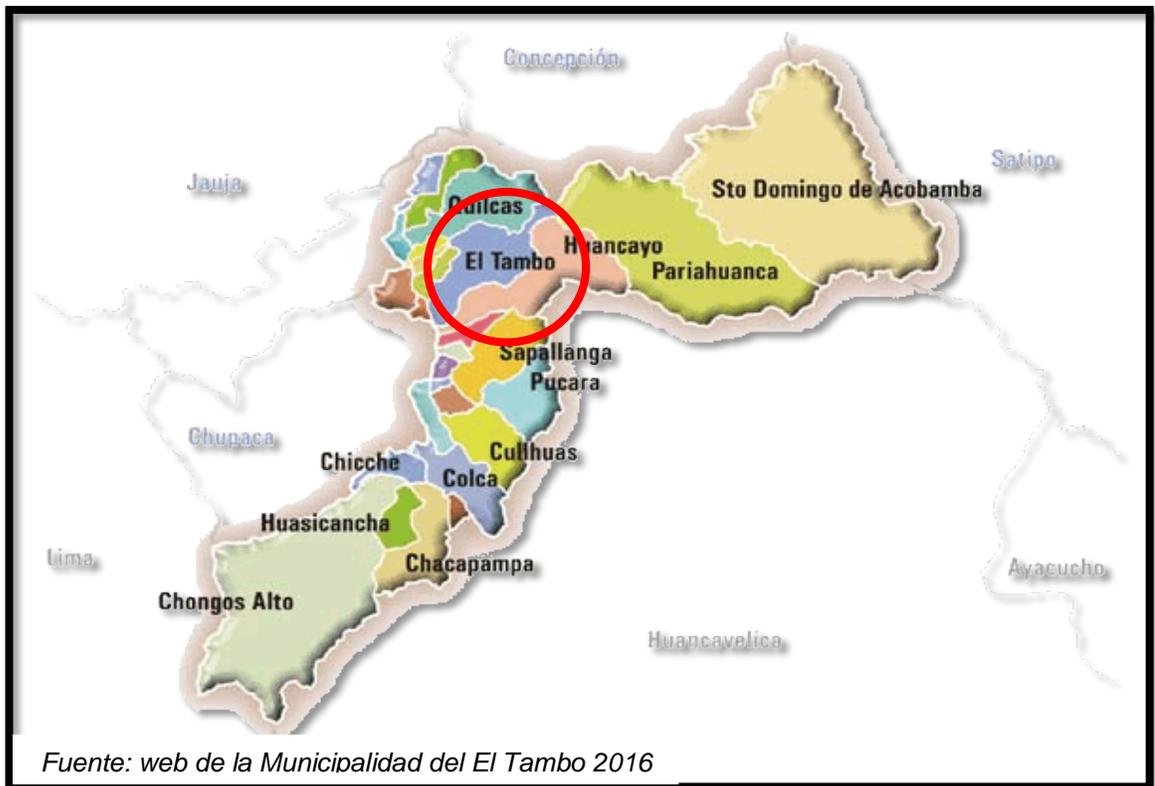


Figura N° 3: Mapa del Distrito de El Tambo



Figura N° 4: Mapa del Jirón San Martín N° 294 (Urbanización Ingeniería), del Distrito de El Tambo donde se registraron datos del índice UV.

B. Procedimiento para la toma de muestra

Esta tesis se basó en programación del Arduino con sensor de radiación UV, que permitirá concretar la operatividad del sistema Arduino para la medición de la radiación UV.

El proyecto de investigación se realizará en estación de verano (Enero, Febrero y Marzo) en base al método científico aplicando los diversos pasos metodológicos para alcanzar los resultados que se esperaban en su ejecución.

3.1.2. Tipo de investigación

El tipo de estudio se realizará una investigación aplicada porque se va a obtener un producto tangible: prototipo de sistema de medición del Índice UV.

En esta tesis aplicaremos nuestros conocimientos sobre programación para poner operativo el sistema Arduino y de otro lado los conocimientos sobre monitoreo de la radiación solar y radiación UV. La aplicación de ambos conocimientos básicos permitirá concretar la

operatividad del sistema Arduino para medir la radiación UV, en Jirón San Martín N° 294 (Urbanización Ingeniería) del distrito de El Tambo obteniendo un potencial producto para su comercialización.

3.1.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación planteada es descriptivo comparativo dado que se realizara evaluación sobre las variaciones del Índice UV en función de las horas y también los resultados del prototipo serán comparados con las mediciones de un radiómetro de radiación UV de referencia en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. Este enfoque se plantea debido a la necesidad de mejorar la prevención de enfermedades cancerígenas de piel y daños oculares en el cuidado y prevención de la salud.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación que se trabajo es descriptivo – correlacional simple, ya que este diseño se caracteriza por que, en una muestra, se mide dos variables de estudio del sensor UV –Arduino y GUV del IGP, luego estas se comparan estadísticamente mediante un coeficiente de correlación (Hurtado, 2015).

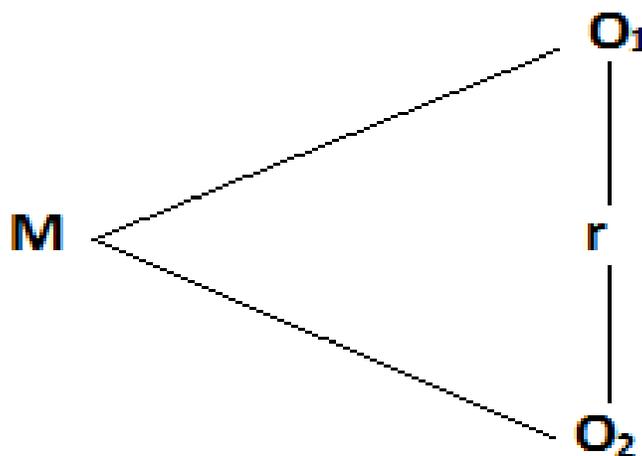


Figura N° 5: Esquema de diseño descriptivo

3.3. Hipótesis de la investigación

Hipótesis Alternativa (H_A)

Existe una correlación estadísticamente significativa entre las mediciones del Índice UV adquiridas con el sistema Arduino-LabVIEW y las del radiómetro espectral GUV.

Hipótesis Nula (H_0)

No existe una correlación estadísticamente significativa entre las mediciones del Índice UV adquiridas con el sistema Arduino-LabVIEW y las del radiómetro espectral GUV.

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

Y1: Índice UV solar reportado por el sistema Arduino-LabVIEW.

Indicador

IUV = Índice UV solar (adimensional)

3.4.2. Variable dependiente

X1: Señal analógica generada por el sensor de radiación UV-ML8511 del sistema Arduino-LabVIEW.

Indicadores

A_{signal} = Señal analógica Arduino (adimensional)

V_{ML8511} = Voltaje generado por el sensor de radiación UV-ML8511(mV)

3.5. Cobertura del estudio

3.5.1. Universo

El universo del proyecto tomaremos el sistema Arduino y Labview de radiación UV.

3.5.2. Muestra

La población de estudio será índice UV generada por la radiación solar monitoreado directamente del sistema automatizado Arduino, como estos datos son adquiridos continuamente se trata de una población

infinita. Lo cual se desarrolla dentro del Distrito de El tambo (Jirón San Martín N° 294(Urbanización Ingeniería)).

La muestra será para evaluar la respuesta del sensor de medición del índice UV (mV), lo cual se trabajara en mediciones continuas con registros de cada 1 minuto durante tres meses, (Enero, Febrero, Marzo).

3.5.3. Muestreo

Se realizó mediante la adquisición de datos a partir del sistema Arduino mediante el sensor UV - ML8511, lo cual el estudio se pudo calibrar durante una semana, ambos sensores ubicados en mismo lugar del IGP, del sensor UV-ML8511 y radiómetro GUV del IGP. Mediante datos obtenidos se puede realizar prevención a la salud como daños a la piel, oculares entre otras diferentes enfermedades relacionadas al índice UV.

3.6. Técnicas e instrumentos

3.6.1. Técnicas de la investigación

La técnica es test-instrumental que se utilizara en el presente trabajo de investigación para la obtención de resultados:

- Monitoreo del índice UV – sistema Arduino.
- Comparación de datos sensor UV - ML8511 y del IGP- Huachac.
- Interpretación de Resultados.

3.6.2. Instrumentos de la investigación

Los instrumentos utilizados para la obtención de resultados de monitoreo del índice UV es:

- Radiómetro de radiación UV (IGP)
- Sensor de radiación UV ML8511(basado en Arduino)
- Tarjeta de plataforma Arduino
- Labview
- Batería
- Laptop

3.7. Procesamiento estadístico de la información

3.7.1. Estadístico

A. Análisis de Correlación

En ocasiones se presenta el problema de estudiar conjuntamente dos series de valores cuyos datos se suponen relacionados entre sí. A veces, los valores de ambas series están ligados por una relación funcional y, en tal caso, a cada valor de una de ellas corresponde un valor fijo y determinado en la otra. Pero hay muchos casos en que los valores de ambas series están relacionados, sin que sea fácil expresar su dependencia mutua por medio de una fórmula o relación matemática. Esto se cumple en el estudio de la RUV donde ambas series de valores deben dar el mismo valor pero que están influenciados por factores distintos. Es decir existe una relación entre ellas pero que no es fácilmente representada en una ecuación matemática. El estudio de este tipo de relaciones ha dado origen a la teoría de la correlación cuyos fundamentos se deben a Karl Pearson. El análisis de correlación permite determinar la interdependencia entre las variaciones de dos variables, del cual se llega a especificar el grado de confianza con que el modelo (TUV) representa al fenómeno físico (RUV). Así, para el análisis de correlación de los datos del presente trabajo se determinará el coeficiente de correlación y el grado de confianza que existen en los datos teóricos con respecto a los experimentales.

B. Determinación del Coeficiente de Correlación (r_{xy})

Para medir, la correlación existente entre dos series de valores o indicar la no existencia de esta, de un modo matemático y más preciso el grado de correlación existente, es necesario determinar un valor numérico que la exprese. Esto se consigue mediante la determinación del coeficiente de correlación. Un modo de determinar

este coeficiente (correlación Pearson) es la relación entre la covarianza de las dos variables y el producto de las dos desviaciones estándar (Wilks, 1995) así se utilizó la siguiente relación:

$$r_{xy} = \frac{COV(x, y)}{S_x S_y}$$

$$r_{xy} = \frac{\left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\left(\left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})^2] \right)^{\frac{1}{2}} \left(\left[\frac{1}{(n-1)} \right] \sum_{i=1}^n [(y_i - \bar{y})^2] \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

x, y : valores en estudio, GUV y TUV, respectivamente.

r_{xy} : Coeficiente de correlación.

$COV(x, y)$: Covarianza de las dos variables.

S_x, S_y : Desviaciones estándar.

n : número de pares de datos.

El valor de la correlación Pearson se encuentra entre -1 y 1 ($-1 \leq r_{xy} \leq 1$). Si, $r_{xy} = -1$ indica que hay, una perfecta asociación lineal negativa entre x e y ; esto es, que la gráfica de la dispersión de y vs x consiste en todos los puntos cayendo a lo largo de una línea, y que la pendiente es negativa. Similarmente, si $r_{xy} = 1$, indica que es una perfecta asociación lineal positiva y con la pendiente de la línea positiva. Se debe de tener en cuenta que mientras más se acerca a la unidad, más alta será la correlación entre las series estudiadas.

3.7.2. Representación

Evaluar la relación entre las mediciones del sensor ML8511 de Arduino y su respuesta frente al radiómetro espectral GUV-511 de Biospherical

Inc., ambos instalados bajo las mismas condiciones y así poder determinar el grado de correlación existente y así mismo para poder recalibrar las mediciones obtenidas por el sensor Arduino debido a que como se demostró anteriormente ha registrado valores considerables. Cabe indicar que para ello, solamente se utilizaron en días en que existían datos disponibles para ambas variables cubriendo los meses de enero 2017.

3.7.3. Técnica de comprobación de la hipótesis

Prueba estadística de la correlación: Es para darle mayor validez a la evaluación de la correlación entre ambas mediciones se realizará una prueba estadística de Pearson para poder evaluar la significancia estadística de la comparación de las mediciones realizadas simultáneamente entre el sensor UV del sistema Arduino (ML8511) y el radiómetro GUV del Instituto Geofísico del Perú.

Para ejecutar esta prueba se ha utilizado el programa estadístico R y el comando `cor.test` que por defecto ha ejecutado la prueba de correlación de Pearson.

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron obtenidos entre los meses de Enero a Marzo del 2017. Las figuras muestran algunos de los días de mayor intensidad de radiación UV solar que se registraron en el Observatorio de Huancayo durante dicho periodo. Es posible notar que en este periodo del año se registra abundante nubosidad por lo que la variación es pronunciada teniéndose valores altos de corta duración. Los valores máximos pueden superar las 20 unidades del Índice UV, llegando a la categoría Extrema según la Organización Mundial de Salud (OMS) pero tener una duración de pocos minutos debido a la alta variabilidad de la presencia de nubes cubriendo el sol.

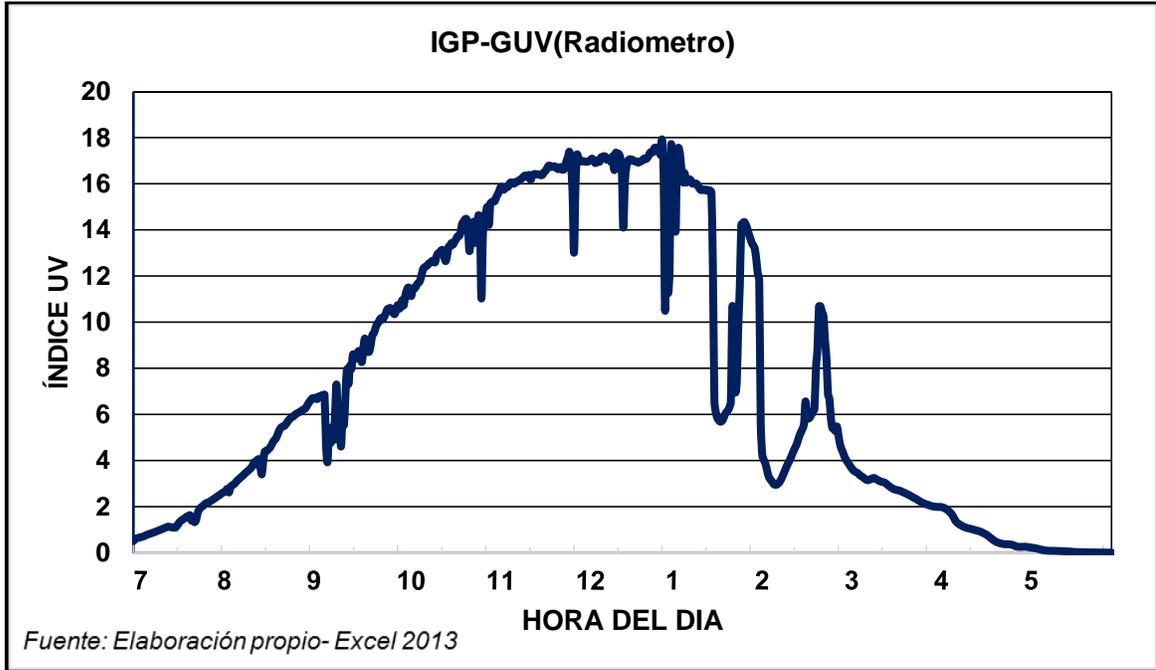


Figura N° 6: Variación del Índice UV durante el día 24 de Enero del 2017 registrado en el Observatorio de Huancayo.

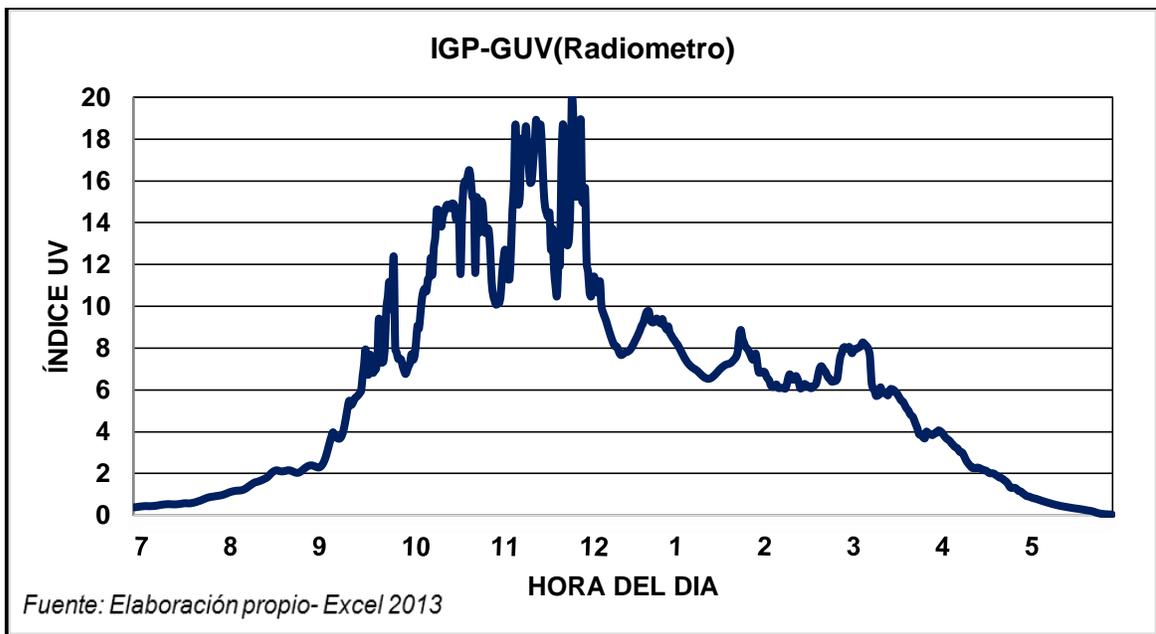


Figura N° 7: Variación del Índice UV solar durante el día 17 de Febrero del 2017 registrado en el Observatorio de Huancayo.

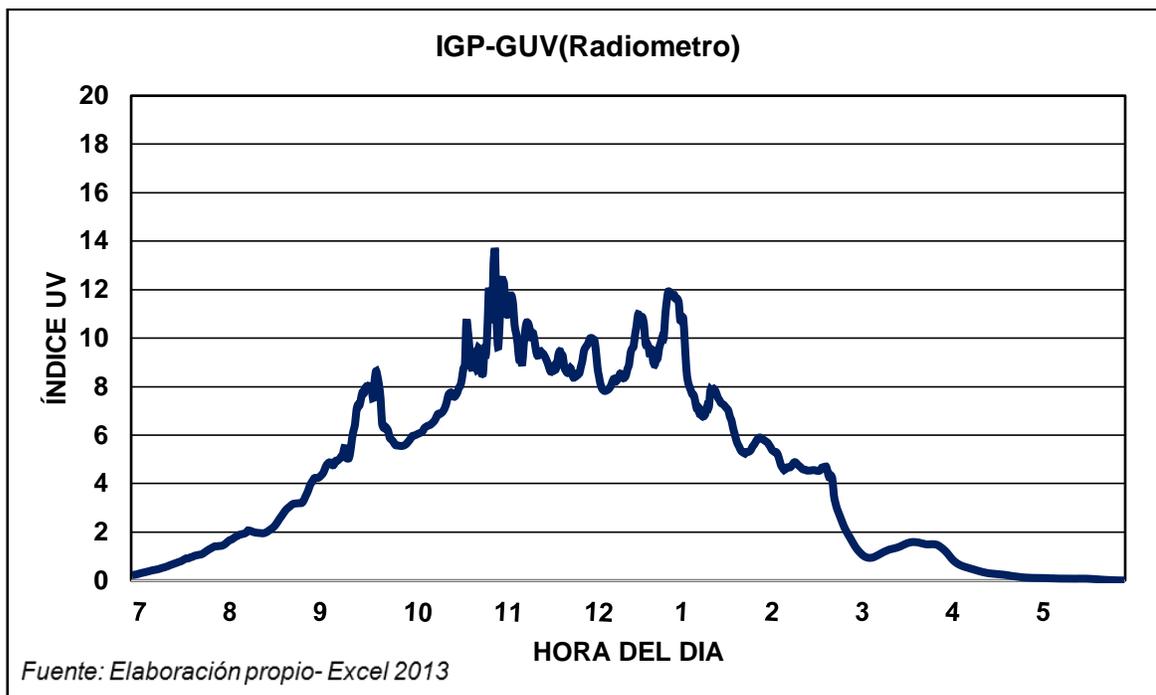


Figura N° 8: Variación del Índice UV durante el día 30 de Marzo del 2017 registrado en el Observatorio de Huancayo.

Para evaluar la respuesta similar del sensor UV del sistema Arduino se muestran las siguientes figuras, con las mediciones realizadas en el distrito de El Tambo. Cabe indicar que están son realizadas de modo simultáneo con las del radiómetro GUV del Observatorio de Huancayo en los meses de Enero a Marzo del 2017, mostradas en las figuras previas. Se muestran algunos de los días de mayor intensidad de radiación UV solar en términos del Índice UV según la descripción de la hoja de especificaciones del fabricante del sistema Arduino (Manual del Arduino, 2015).

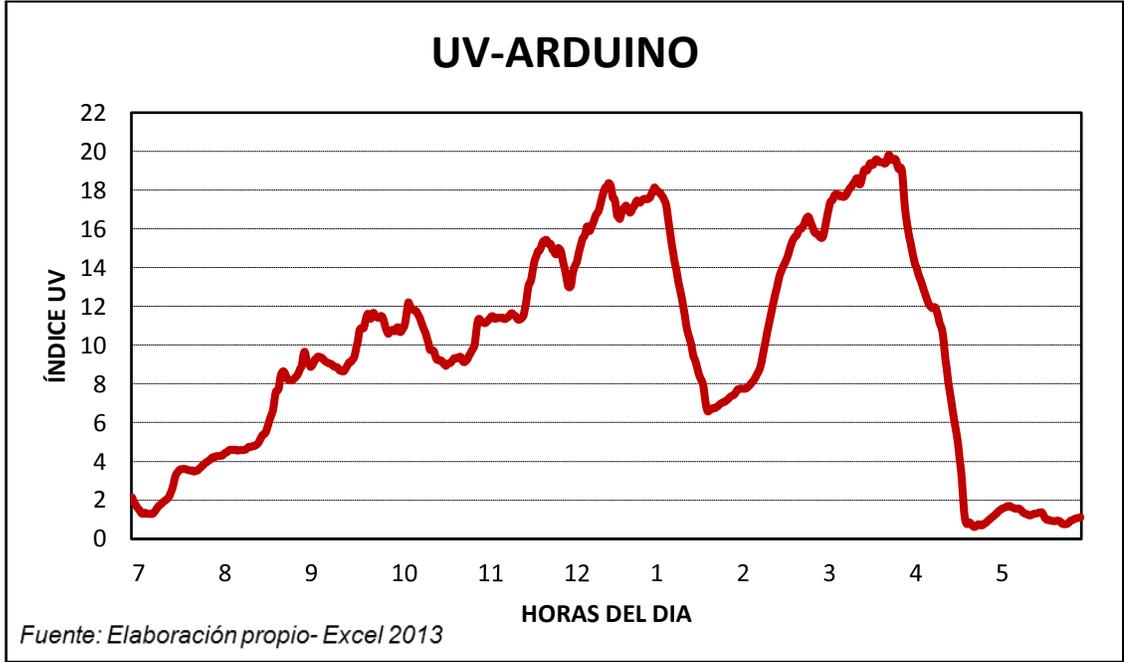


Figura N° 9: Variación del Índice UV durante el día 24 de Enero del 2017 registrado en el distrito de El Tambo.



Figura N° 10. Variación del Índice UV durante el día 17 de Febrero del 2017 registrado en el distrito de El Tambo.

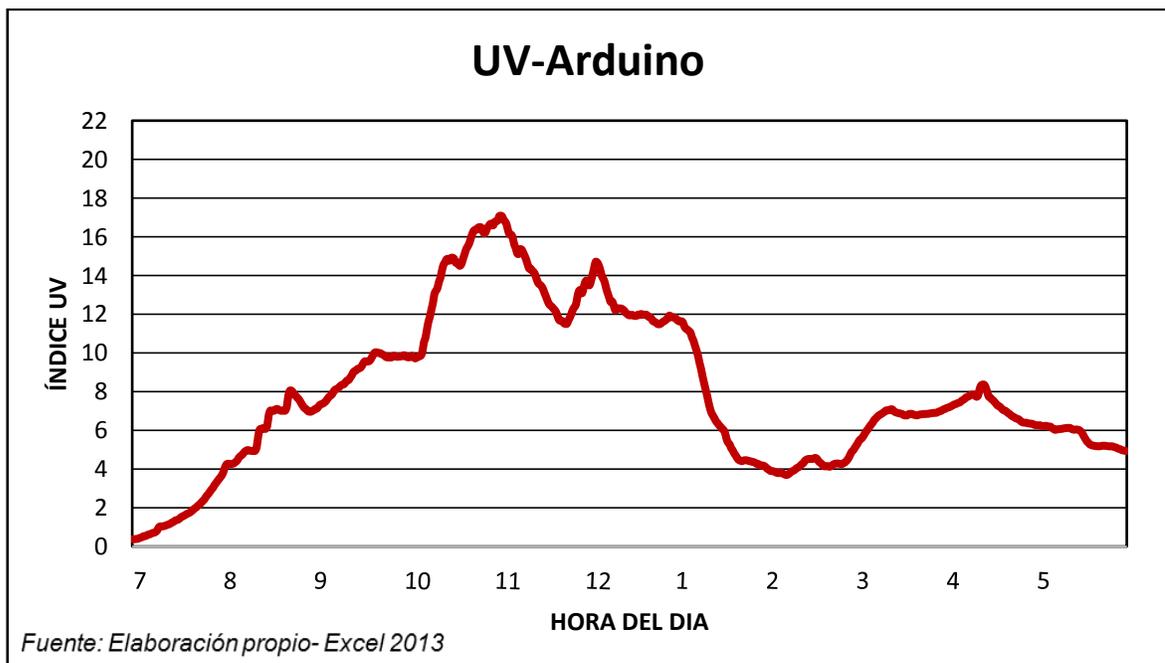


Figura N° 11: Variación del Índice UV durante el día 30 de Marzo del 2017 registrado en el distrito de El Tambo.

4.1.1. Caracterización del radiómetro GUV y sistema Arduino

A. Mediciones de radiación UV con radiómetro GUV

Un componente del trabajo experimental se basó en las mediciones con un radiómetro GUV instalado en el Observatorio de Huancayo (12,05° S y 75.32° O, 3313 m.s.n.m) del Instituto Geofísico del Perú ubicado en el distrito de Huachac de la provincia de Chupaca.

La operación del radiómetro GUV-511, consiste en que la luz solar que entra al detector, es difuminada y filtrada para diferentes fotodiodos, en forma independiente, produciendo sus respectivas corrientes proporcionales. El radiómetro GUV mide la irradiancia en 305, 320, 340, 380 nm (con un ancho de banda de ± 10 nm) y también la región PAR (Photosynthetic Active Region, 400-700 nm). Además este dispositivo cuenta con un controlador de temperatura que lo mantiene a 40°C para reducir la dependencia instrumental de temperatura.



Figura N° 12: Esquema del radiómetro GUV-511 de la fábrica Biospherical Instruments Inc. (EE.UU.), instalado en el Observatorio de Huancayo.

El sistema del radiómetro GUV cuenta con un software llamado DASWIN, el cual es el encargado de almacenar los datos, generando una base de datos con los valores espectrales y el Índice UV. Cada uno de los canales del radiómetro GUV registra valores de radiación, en promedio de tres cada segundo, medidos en los cuales son convertidos a mediante los valores de calibración en fábrica de San Diego (EE.UU.) durante su mantenimiento y reparación en Setiembre 2016.

La figura muestra el esquema por el cual se obtienen y procesan los datos para el registro de los datos de radiación UV y del Índice UV.

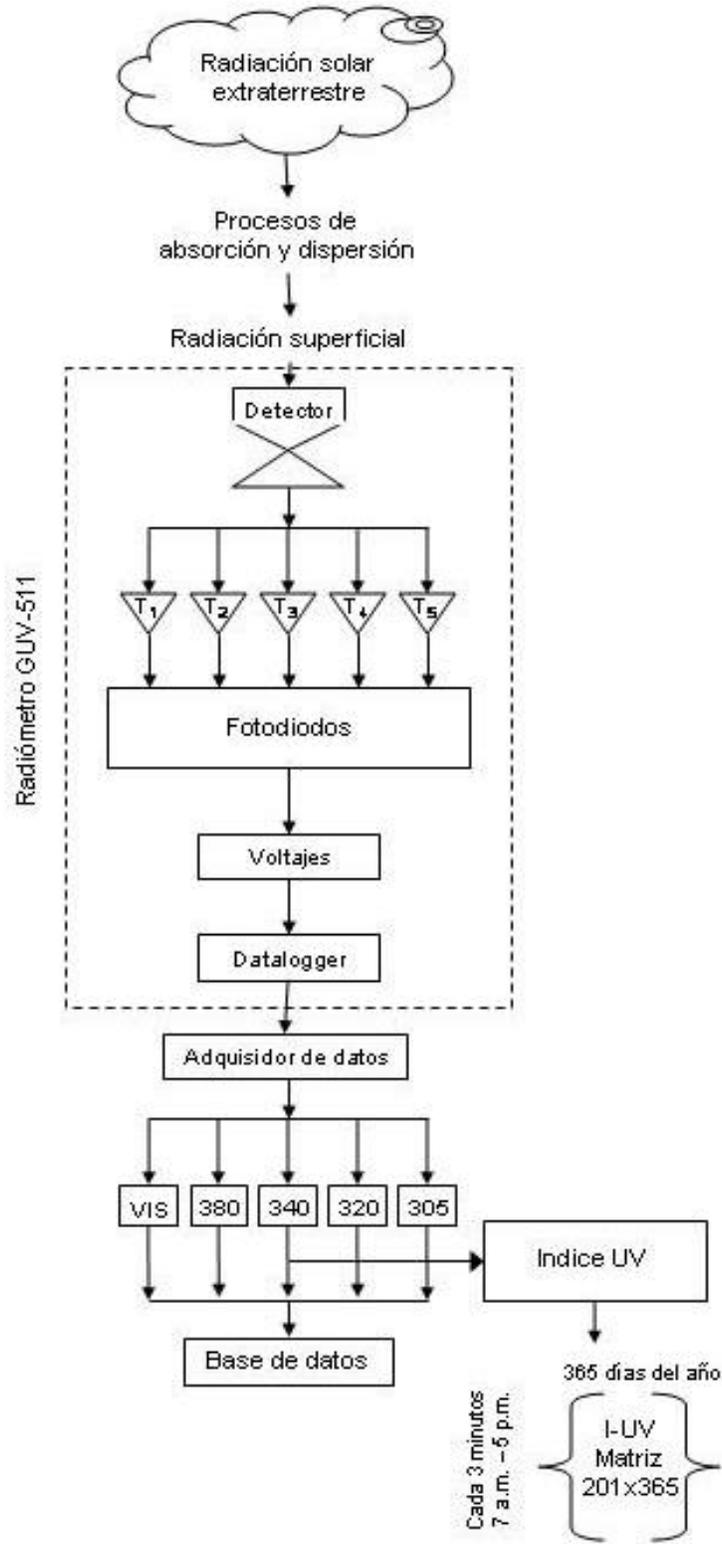


Figura N° 13: Esquema de obtención de la Matriz Experimental.

B. Mediciones de radiación UV con sistema Arduino (Sensor ML8511)

Las tecnologías actuales de sistemas de procesamiento de datos han venido avanzando de manera acelerada y con ello cada vez el mercado ofrece soluciones tecnológicas más poderosas, más pequeñas y más baratas. En esa línea de servicio se presentan los sistemas Arduino que también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

Entre las principales ventajas que tiene este sistema Arduino son su precio económico, son multiplataforma (sea para Windows o Linux por ejemplo), tiene un entorno de programación simple y, especialmente, funciona en el entorno de código abierto tanto para software y hardware extensible (bajo licencia Creative Commons).

Sensor ML8511: Es un sensor UV, que es adecuado para adquirir intensidad UV. El ML8511 está equipado con un amplificador interno, que convierte la foto-corriente en voltaje en función de la intensidad de la luz ultravioleta. Esta característica única ofrece una interfaz sencilla para circuitos externos como ADC. En el modo de apagado, la corriente de espera típica es $0.1\mu\text{A}$, lo que permite una mayor duración de la batería.

B.I. Características

- Fotodiodo sensible a UV-A y UV-B
- tiene la respuesta espectral de medir longitudes de onda UVA y UVB. UV-A: 315-400nm UV-B: 280-315nm
- Amplificador operacional integrado
- Salida de voltaje analógico
- Baja corriente de suministro ($300\mu\text{A}$ típica) y baja corriente de reserva ($0.1\mu\text{A}$ típica)
- Paquete de montaje superficial pequeño y delgado (4.0 mm x 3.7 mm x 0.73 mm, QFN de cerámica de 12 pines)

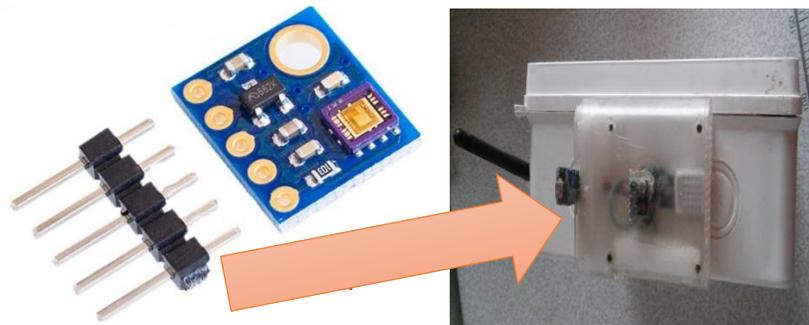


Figura N° 14: Sensor UV ML8511, instalado en una caja portátil.

B.II. Bloque de diagrama

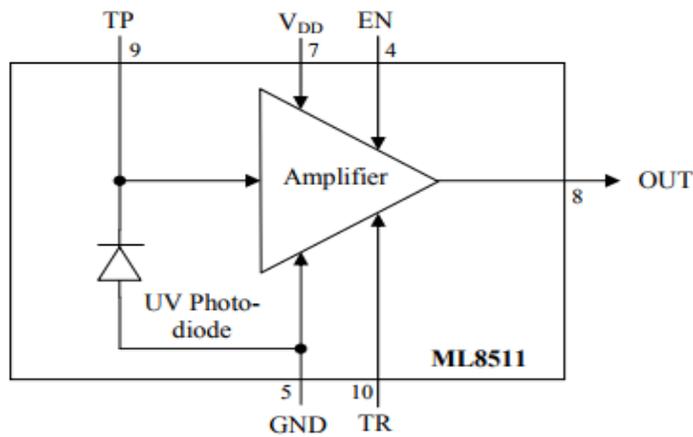


Figura N° 15. Diagrama de bloque del sensor UV ML8511

B.III. Ecuación de Cálculo de Intensidad de Radiación UV de 280 a 390nm para el sensor ML8511

$$\text{outputVoltage} = \frac{3.3}{\text{refLevel} * \text{uvLevel}}$$

$$\text{uvIntensity} = \frac{(\text{outputVoltage} - \text{in_min}) * (\text{out_max} - \text{out_min})}{(\text{in_max} - \text{in_min})} + \text{out_min}$$

Según datos del fabricante:

$$\text{in_min} = 0.49$$

$$\text{in_max} = 3.9$$

$$\text{out_min} = 0.0$$

$$\text{out_max} = 18$$

Donde:

$$\text{uvLevel} = \text{Lectura analógica del sensor ML811 (0 - 1023)}$$

refLevel = Lectura analógica del pin de referencia Arduino 3.3V

refLevel = 675.18

outputVoltage = Voltaje de salida del sensor ML811 (mVoltios)

uvIntensity = Intensidad de radiación UV (mW/cm^2)

4.1.2. Resultados de los experimento

Para evaluar la respuesta similar del Radiómetro GUV y sensor UV del sistema Arduino se muestran las siguientes figuras N° 16, 17 y 18, con las mediciones realizadas en el distrito de El Tambo y del IGP ubicado en el distrito de Huachac, Observatorio de Huancayo. Cabe indicar que están son realizadas de modo simultáneo en los meses de Enero a Marzo del 2017, mostradas en las figuras previas. Se muestran algunos de los días de mayor intensidad de radiación UV solar en términos del Índice UV según la descripción de la hoja de especificaciones del fabricante del sistema Arduino

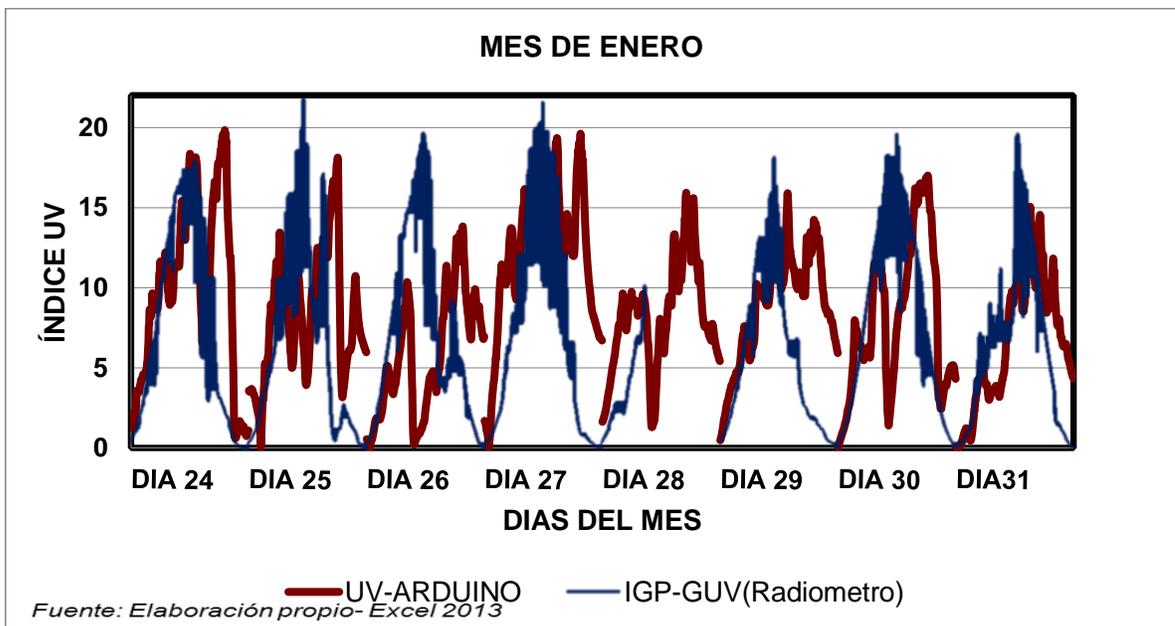


Figura N° 16: Variación del Índice UV durante el mes de Enero del 2017 registrado en el distrito de El Tambo y el IGP

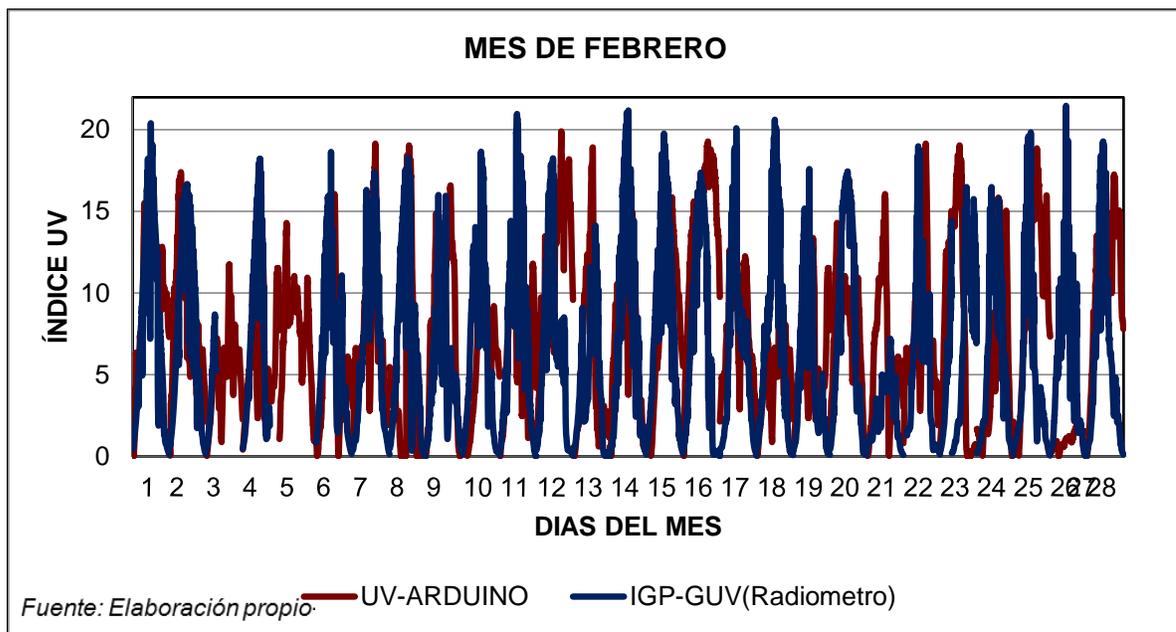


Figura N° 17: Variación del Índice UV durante el mes de Febrero del 2017 registrado en el distrito de El Tambo y el IGP

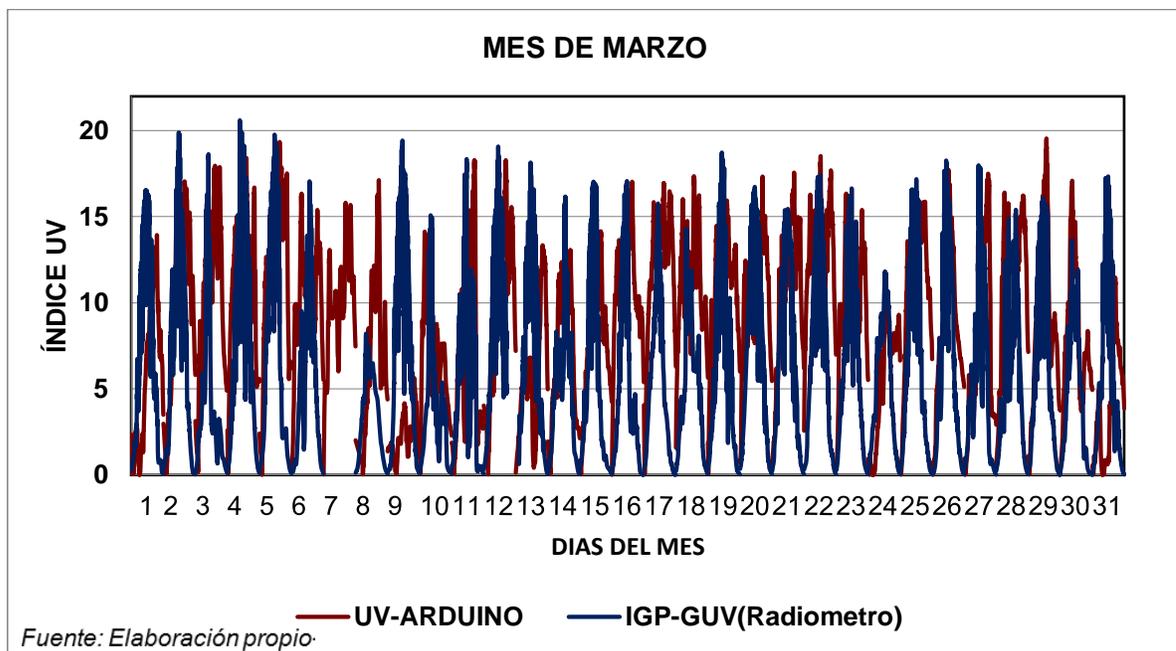


Figura N° 18: Variación del Índice UV durante el mes de Marzo del 2017 registrado en el distrito de El Tambo y el IGP

4.1.3. Dispersión y variabilidad temporal de aerosoles atmosféricos

En la siguiente figura indica la variabilidad temporal de aerosoles atmosféricos [0.058 0.136], donde se da mayor y menor partículas suspendidas en la atmósfera en setiembre y mayo respectivamente, asimismo las partículas en suspensión influyen en la disminución de radiación ultravioleta ya sea como efecto directo (absorción y dispersión de radiación solar) o efecto indirecto (formación de nubes o propiedades microfísicas de nubes).

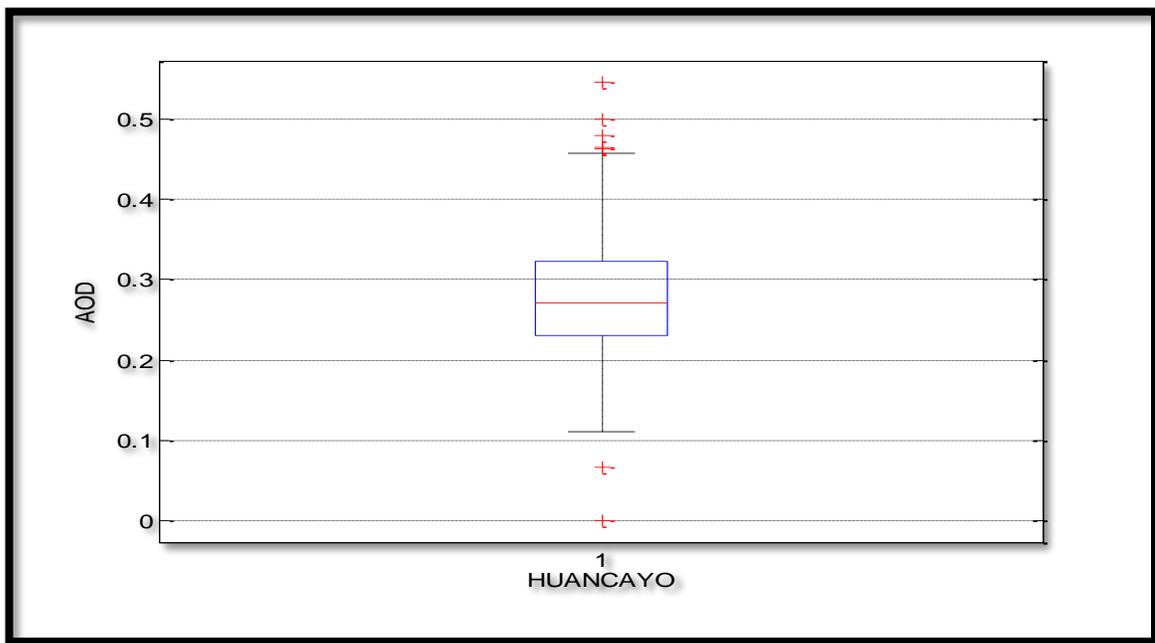


Figura N° 19: El diagrama de bloque nos estima la variabilidad temporal de aerosoles atmosféricos que el mínimo es de 0.12 con un máximo de 0.46 con un cuartil (1=0.225, 2=0.275, 3=0.325), cual la variación del espesor óptico de aerosol durante el año 2017 utilizando el sensor MODIS

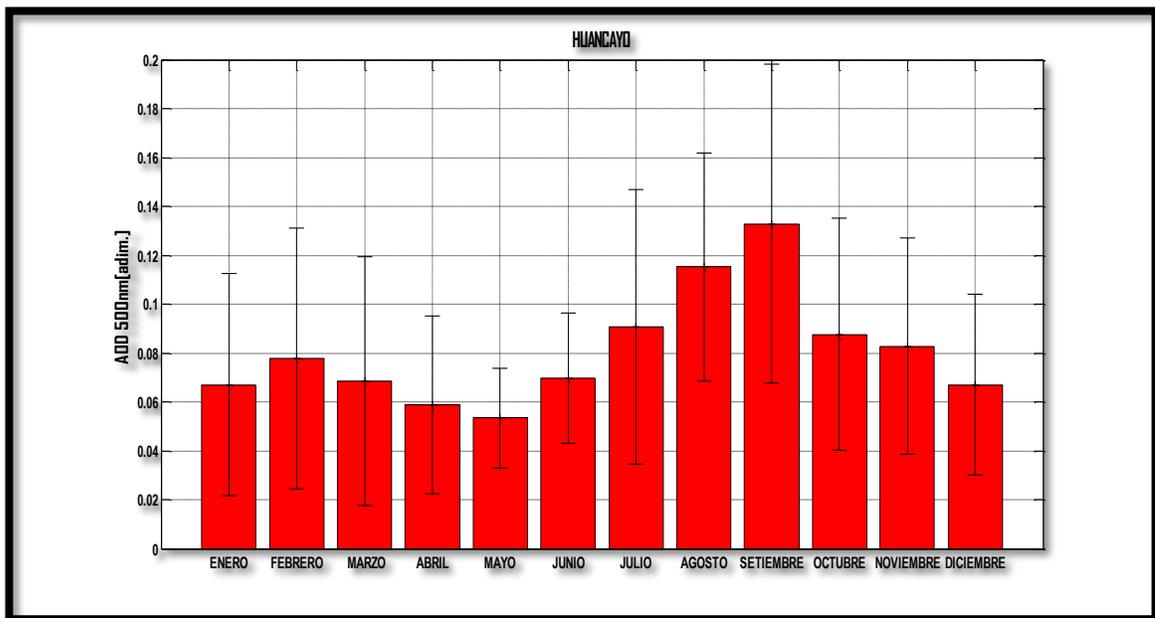


Figura N° 20: Variación del espesor óptico de aerosol durante el año 2017 utilizando el sensor MODIS

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Comparación de valores del sistema Arduino-LabVIEW con el Índice UV IGP

La evaluación de los datos consiste en la comparación de los valores obtenidos en la parte experimental entre las mediciones con el sensor UV del sistema Arduino con el radiómetro espectral GUV del Instituto Geofísico del Perú, con la finalidad de validar y determinar la confiabilidad de las mediciones que se establecen en la climatología del Índice UV solar para la ciudad de Huancayo.

Comúnmente, para comparar pares de datos se utilizan métodos estadísticos de correlación y regresión, habiéndose elegido el primero de ellos, debido a que en el caso del par de series que se compara, no será fácil expresar su dependencia mutua por medio de una fórmula o función matemática (Zuñiga, 2015).

La siguiente figura muestra el nivel de correlación que existe entre ambos sensores para el día 18 de Enero del 2017 con mediciones

realizadas en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú. Es posible notar que tienen una correlación bastante alta ($r^2 = 0.8795$) con lo que es posible indicar que hay una buena reproducción de las mediciones del Índice UV por ambos equipos.

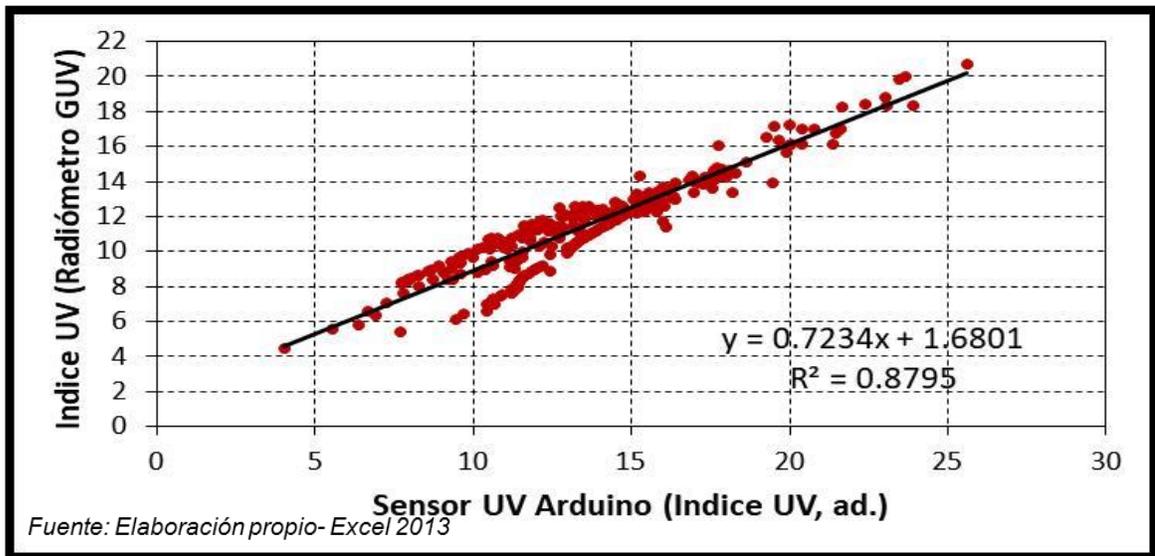


Figura N° 21: Grafica de correlación entre las mediciones del sensor UV basado en el sistema Arduino y del radiómetro GUV-511 instalados ambos en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú.

Del mismo modo, la siguiente figura muestra el nivel de correlación de ambos sensores para el día 23 de Enero del 2017, con lo cual se tenían las mismas condiciones. Con una correlación bastante alta ($r^2 = 0.8755$)

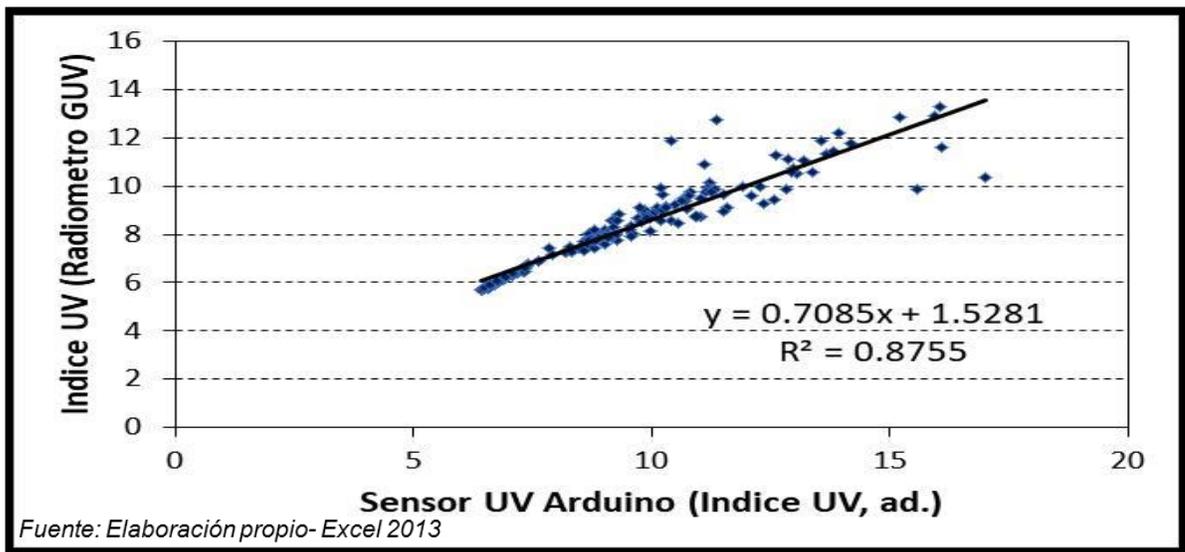


Figura N° 22: Grafica de correlación entre las mediciones del sensor UV basado en el sistema Arduino y del radiómetro GUV-511 instalados ambos en el Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú para el día 23 de Enero del 2017.

4.2.2. Prueba estadística de la correlación

Para darle mayor validez a la evaluación de la correlación entre ambas mediciones se realizará una prueba estadística de Pearson para poder evaluar la significancia estadística de la comparación de las mediciones realizadas simultáneamente entre el sensor UV del sistema Arduino (ML8511) y el radiómetro GUV del Instituto Geofísico del Perú.

Para ejecutar esta prueba se ha utilizado el programa estadístico R y el comando `cor.test` que por defecto ha ejecutado la prueba de correlación de Pearson.

Para la evaluación del día 18 de Enero del 2017 la salida del comando nos brinda la siguiente información:

```
> cor.test(ard_uv_18, igp_uv_18)
```

```

Pearson's product-moment correlation
data:  ard_uv_18 and igp_uv_18
t = 33.129, df = 156, p-value < 2.2e-16

```

```
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9129518 0.9526628
sample estimates:
      cor
0.9357082
```

Para la evaluación del día 23 de Enero del 2017 la salida del comando nos brinda la siguiente información:

```
> cor.test(ard_uv_23, igp_uv_23)
```

```
Pearson's product-moment correlation

data:  ard_uv_23 and igp_uv_23
t = 45.286, df = 281, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9220364 0.9504783
sample estimates:
      cor
0.9378124
```

Como es posible identificar de ambos resultados de la prueba estadística es el valor del “p-value” es mucho menor de 0.05 (nivel de confianza) por lo que es posible:

- Rechazar la **hipótesis nula (Ho: No existe correlación estadística significativa entre las mediciones del Índice UV del sensor Arduino y del radiómetro GUV).**

Al rechazar la hipótesis nula entonces ahora:

- **Aceptamos la hipótesis alterna (Ha: Existe una correlación estadísticamente significativa entre las mediciones del Índice UV del sensor Arduino y del radiómetro GUV).**
- Estos nos permiten afirmar que la capacidad que tiene el sensor de bajo costo ML8511 basado en el sistema Arduino tiene una óptima capacidad de reproducir la variación de los niveles del Índice UV. También según los análisis de correlación el mejor valor del coeficiente de correlación “r” es de 0.8795 con un p-value menor de 0.001 lo que le da significancia estadística.

4.2.3. Graficas de variabilidad de las lecturas de IUV para los sistemas Arduino –LabVIEW e IGP-GUV

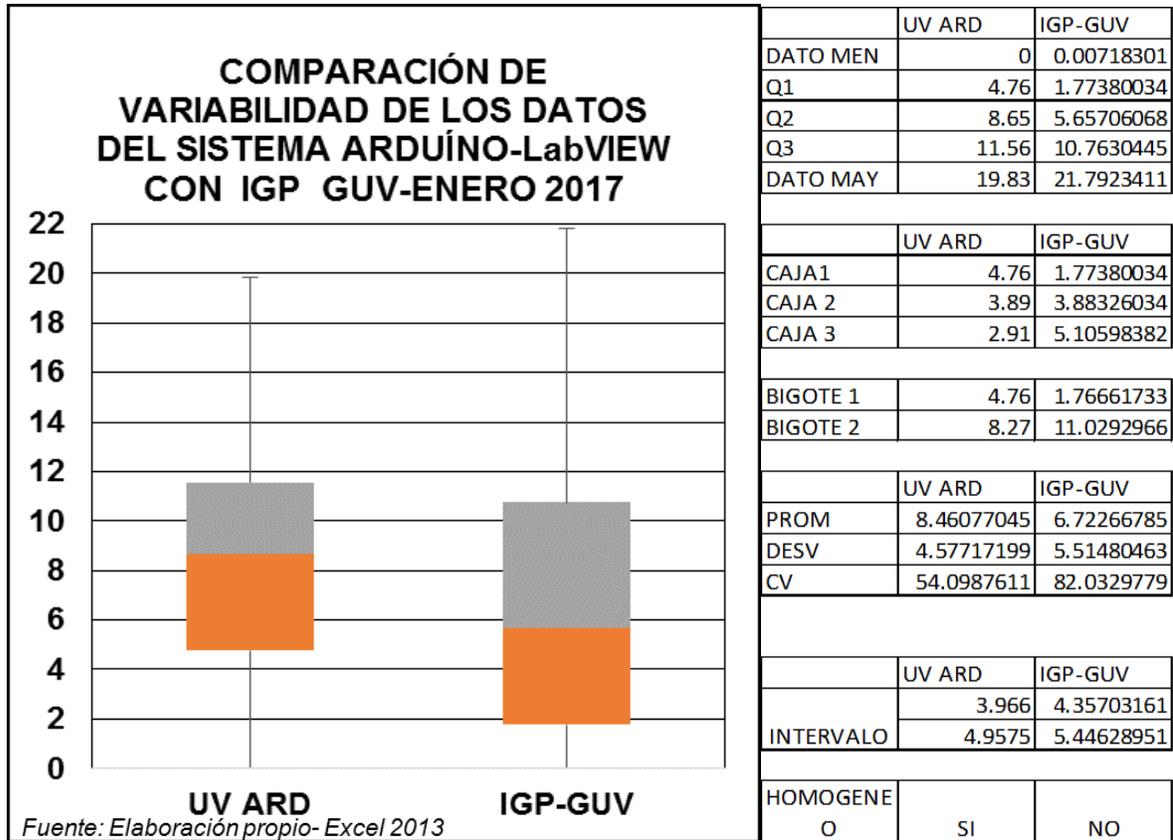


Figura N° 23: Diagrama de bloque entre las mediciones del sensor UV basado en el sistema Arduino y del radiómetro GUV-511 para el mes de Enero del 2017.

De la figura N° 23 se puede apreciar que el sistema Arduino- LabVIEW para mediciones del índice UV tiene una medida a lo máximo de 19 mientras que el IGP-GUV 21.79.

El 25% de los datos de UV para el sistema Arduino y LabVIEW varían de 11.56 a 19.83, mientras que para el sistema IGP-GUV varía de 10.76 a 21.79, mostrando este último sistema una mayor variabilidad en la lectura de datos de UV para el mes de Enero del 2017. En conclusión los datos para UV de IGP-GUV presentan mayor variabilidad en

4.2.4. Determinación de Curvas de calibración para el sistema Arduino LabVIEW.

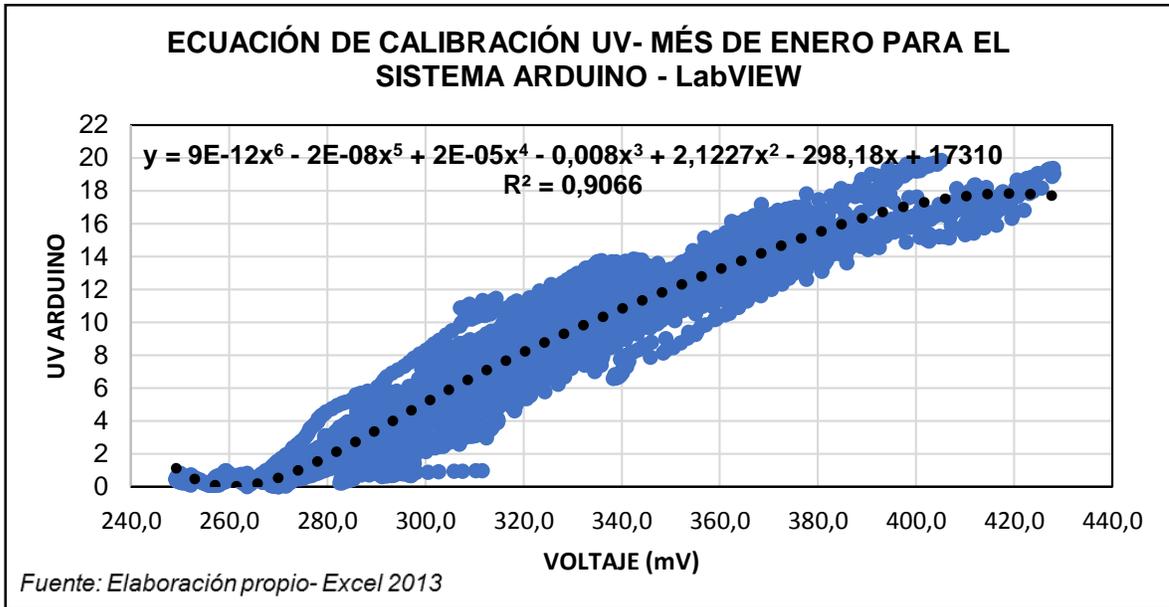


Figura N° 26: Grafica de correlación entre las mediciones del sensor UV y Voltaje (mV) basado en el sistema Arduino instalados en el distrito de EL Tambo. Para el mes de Enero del 2017.

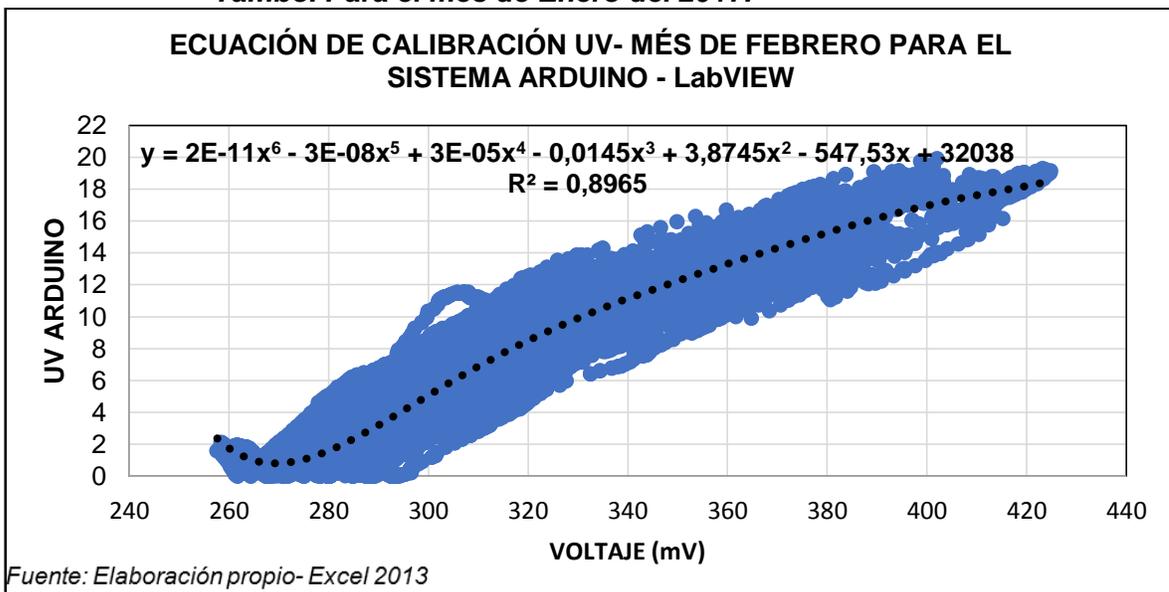


Figura N° 27: Grafica de correlación entre las mediciones del sensor UV y Voltaje (mV) basado en el sistema Arduino instalados en el distrito de EL Tambo. Para el mes de Febrero del 2017.

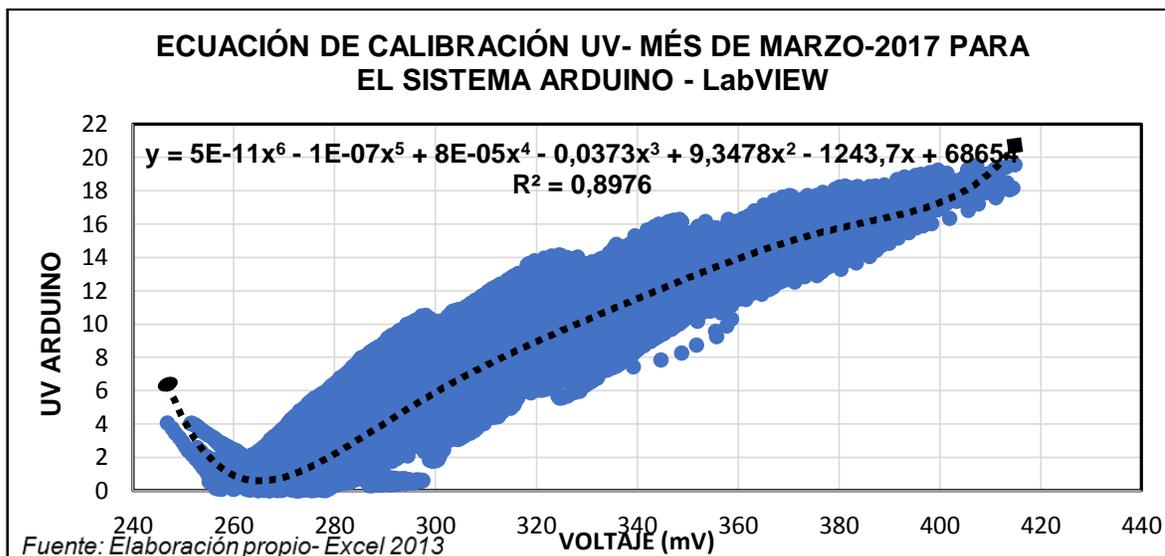


Figura N° 28: Grafica de correlación entre las mediciones del sensor UV y Voltaje (mV), basado en el sistema Arduino instalados en el distrito de EL Tambo. Para el mes de Marzo del 2017.

Las tres figuras anteriores muestran las curvas de calibración con las que opera el Sistema Arduino LabVIEW para la adquisición de IUV, de estas se puede observar que poseen un coeficiente de determinación cercano a uno (0.9066, 08965 y 0.8976 para los meses de enero, febrero y marzo del 2017 respectivamente), que estadísticamente hablando corresponden a una correlación fuerte correspondiente a un modelo de correlación polinómica de grado 6 que ajusta adecuadamente la adquisición de los datos a través del voltaje y el índice UV del sensor .

Entre las consideraciones de difusión del Índice UV de la Organización Mundial de la Salud, en su último reporte, sugiere la clasificación de la escala del I-UV como se menciona en el cuadro, con la finalidad de lograr un mejor entendimiento del público en general de los niveles de radiación UV a los que están expuestas durante sus quehaceres diarios. Aplicando esta escala para las mediciones de Huancayo en un día despejado. También se puede ver que entre las 9:30 a.m. hasta cerca de las 2:45 p.m., la intensidad de la RUV alcanza un nivel del I-UV

“extremo”, sin embargo, como se puede notar en la figuras esta clasificación no entrega una clara diferenciación para nuestra ubicación sobre los distintos niveles de intensidad de RUV, debido a que la OMS sugiere la escala tomando principalmente en consideración los valores máximos registrados en países europeos de latitudes altas (Europa y Norteamérica) y donde el fototipo de piel predominante es del tipo A.

Tabla N° 3: Categorías de exposición a la RUV propuestas por el presente trabajo y sus colores respectivos, con códigos de color internacionales.

I-UV	Categoría	Color
≤ 3	Baja	Verde PMS 375 
4 – 7	Moderada	Amarillo PMS 102 
8 – 11	Alta	Naranja PMS 151 
12 – 15	Muy Alta	Rojo PMS 032 
≥ 16	Extrema	Púrpura PMS 265 

Fuente: Manual de OMS

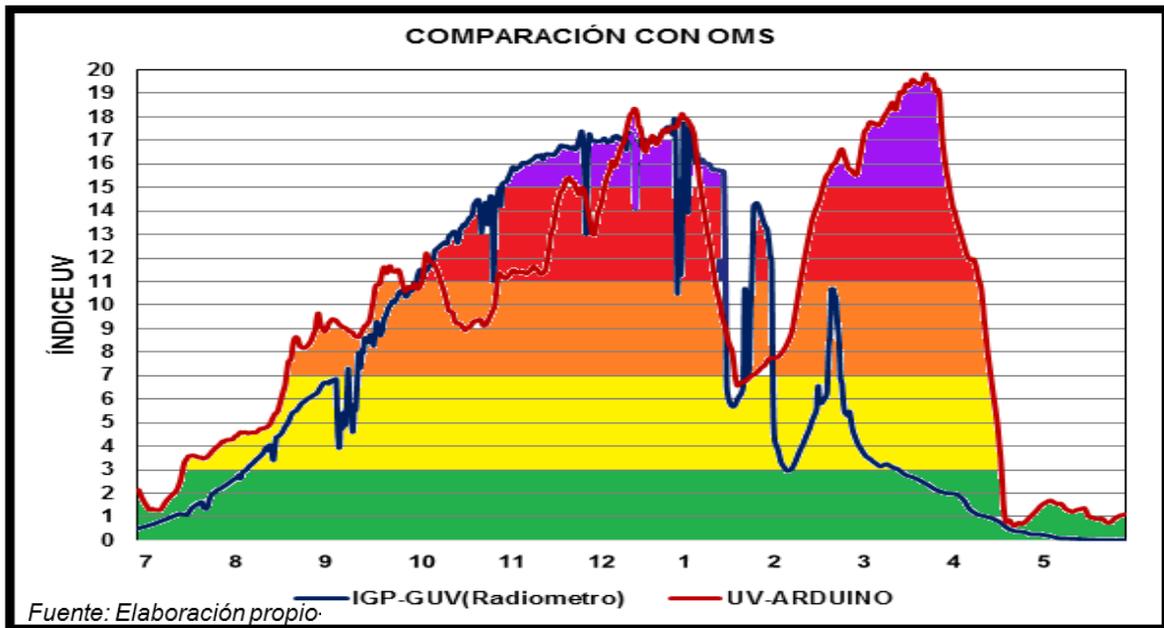


Figura N° 29: Variación temporal de las Categorías del Índice UV durante el día 24 del mes de Enero, teniendo en cuenta las categorías de exposición de la escala de la Organización Mundial de Salud.

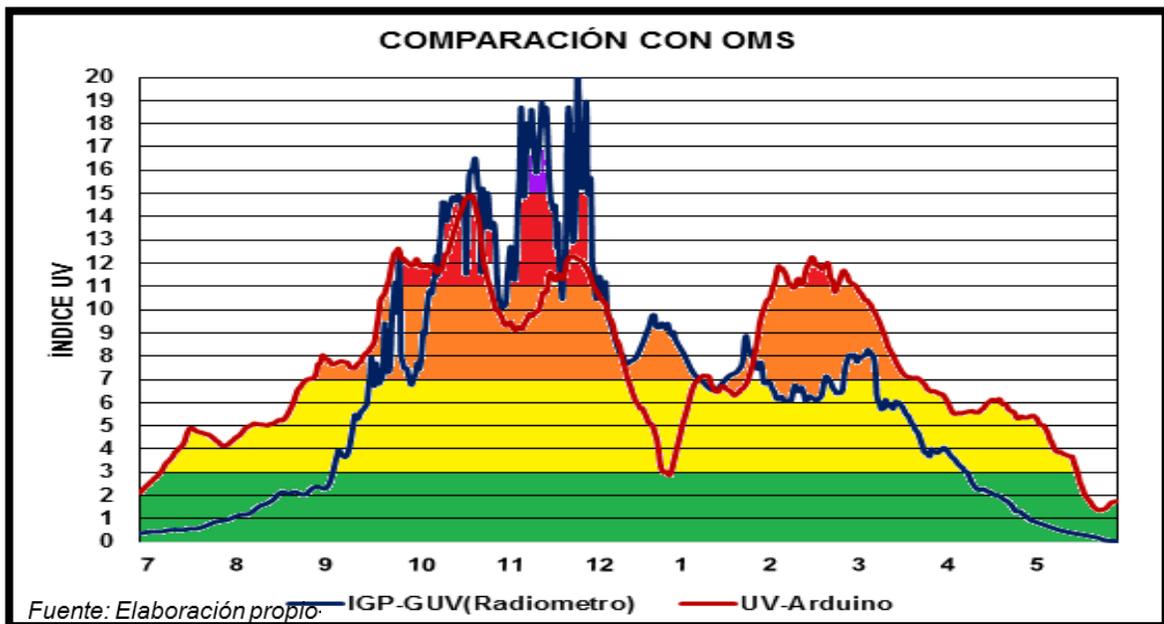


Figura N° 30: Variación temporal de las Categorías del Índice UV durante el día 17 del mes de Febrero, teniendo en cuenta las categorías de exposición de la escala de la Organización Mundial de Salud.

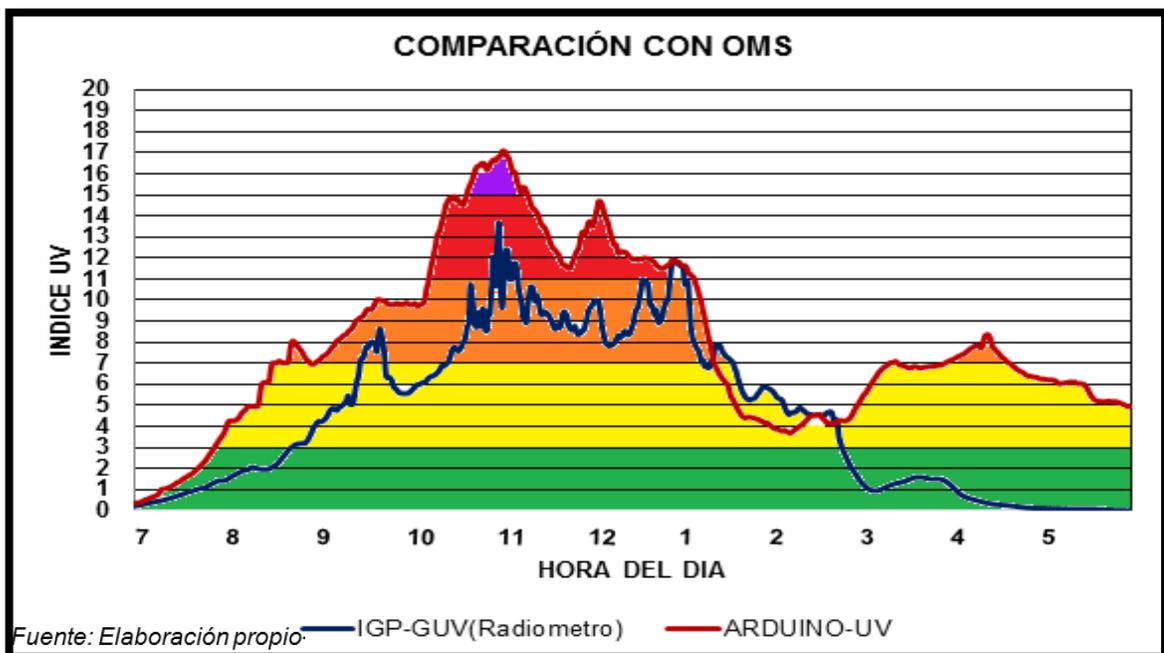


Figura N° 31: Variación temporal de las Categorías del Índice UV durante el día 30 del mes de Marzo, teniendo en cuenta las categorías de exposición de la escala de la Organización Mundial de Salud.

Comparando con la categoría del índice UV de la organización mundial de salud (OMS), en los tres muestran presentan las variaciones de la intensidad de radiación y la exposición sobre ella donde se dan donde las variaciones del estación del IGP y el sistema Arduino. Son variación mínima de acuerdo al tiempo climático sin embargo llevan la misma tendencia durante el día.

Asimismo en la figura N° 32 indica la variabilidad temporal del índice UV con el sistema Arduino- LabVIEW durante los meses enero –marzo, donde se muestra que el mayor índice UV se da de 11 a 13 pm considerando según la OMS en una categoría extrema debido a las condiciones topográficas y la cercanía a la línea Ecuatorial.

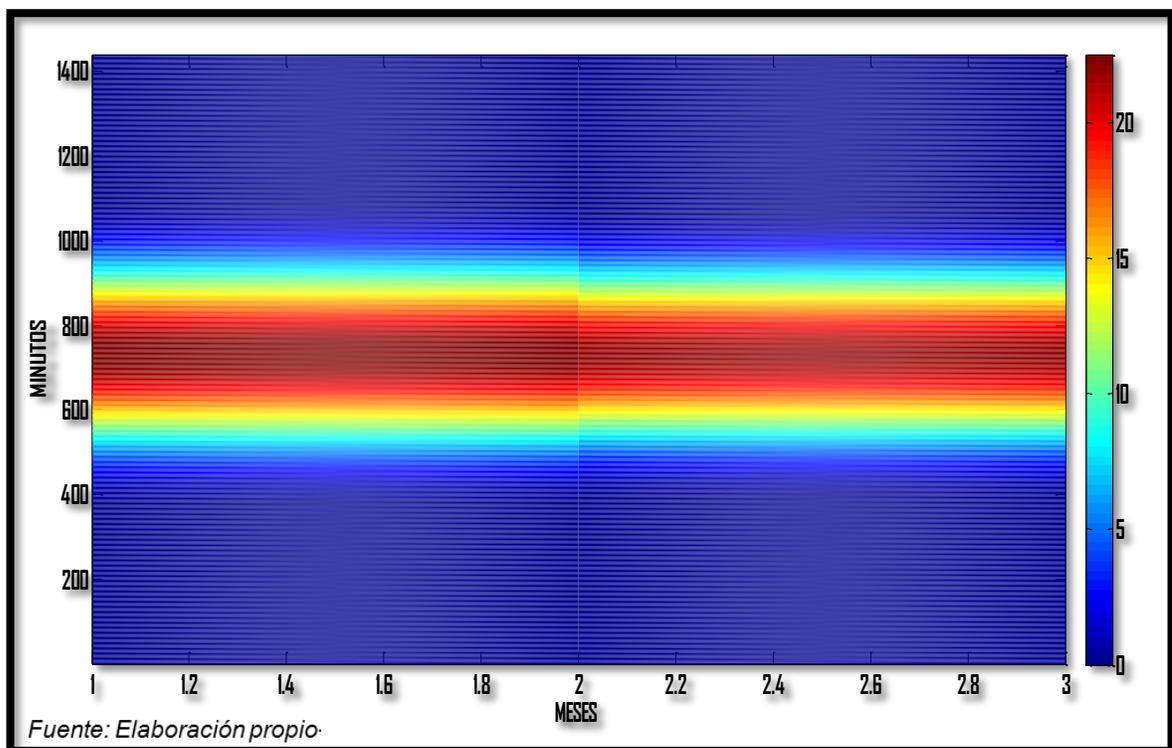


Figura N° 32: Variación temporal del Índice UV durante Enero a Marzo

CONCLUSIONES

- ✓ Existe un alto grado de fiabilidad de la medición de correlación con ($r^2=0.8795$ y 0.8755), lo que valida con fuerza estadística y con alta significancia (p -valué menor de 0.001) las mediciones del sistema de adquisición de datos Arduino – LabVIEW de bajo costo para medir el Índice UV en el distrito del Tambo en referencia al radiómetro GUV-IGP.
- ✓ La variabilidad temporal de la RUV del distrito de El Tambo con el sistema Arduino- LabVIEW durante los meses Enero – Marzo para el distrito de El Tambo, demuestra que el índice UV alcanza un nivel I-UV extremo ($UV>16$) desde las 11pm a 13 pm, según la organización mundial de salud.
- ✓ El sistema de adquisición de datos para medir el Índice UV solar (modelo ML8511), basado en Arduino–LabVIEW, es un sistema tecnológico de adquisición de datos para Índice UV de bajo costo y elevada precisión con (r de 0.9066 , 0.8965 y 0.8976 Voltaje-IUV Arduino para los meses de enero, febrero y marzo) y comparable en cuanto a resultados a los sistemas de investigación de alta gama y calibración como el radiómetro GUV del IGP.

RECOMENDACIONES

Los niveles de radiación UV son bastante elevados y por ello es necesario coordinar con las autoridades locales e instituciones para la implementación de una red de medidores con un display numérico para que la gente visualmente pueda distinguir los valores o colores, y con ello tomar una decisión de protección

Dado estos pasos iniciales sería bueno generar en la Universidad Alas Peruanas – Filial Huancayo un grupo de investigación de sistemas de adquisición de datos de bajo costo para el monitoreo diversos componentes ambientales.

Se podría proponer una cooperación con las empresas de dermatología y farmacias en general para proponer esquemas de comercialización del módulo de Arduino UV ML8511 sea por venta directa como por estrategias de publicidad itinerante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual del Arduino. (2015). *Manual del Sistema Arduino*. Obtenido de <https://listado.mercadolibre.com.pe/costo-de-arduino-uno>
- Agencia EFE Perú-Clima. (8 de Enero de 2016). País con Mayor Radiación Solar del Mundo. *Agencia EFE*. Obtenido de www.efe.com/efe/america/cronicas/peru-el-pais-con-mayor-radiacion-solar-del-mundo-alcanza-niveles-historicos
- Alfaro, L., A. Llacza y O. Sanchez. (2016). Nota Técnica N° 002-2016 SENAMHI PRONÓSTICO CON COBERTURA NACIONAL DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*, 51. Obtenido de http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/mete_2016_pro_cob_nac_ind_rad_sol_ult.pdf
- Alfredo, N. R. (2014). “Diseño e integración de un sistema de adquisición de datos mediante el uso de Arduino y Raspberry-pi”. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Mexico.
- Biospherical Instruments Inc. (2002). *GUV-511 and GUV-541 Ground-based Ultraviolet Radiometer Systems*. Obtenido de <http://www.radiacionuv.cl/img/GUV-511&541.pdf>
- Congreso de la República, L. (2013). *Ley N° 30102 LEY QUE DISPONE MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA LOS EFECTOS NOCIVOS PARA LA SALUD POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA A LA RADIACIÓN SOLAR*.
- EcuRed. (2017). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES BIOMÉTRICAS MEDIANTE MENSAJES SMS. *Longitud de Onda*, 36-50.

- Guacho, W. P. (2015). "Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms". *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*,. Riobamba, Ecuador.
- Hurtado, T. (2015). Metodología de Diseño Descriptivo - correlacional simple.
- Inc, B. I. (2002). *GUV-511 and GUV-541 Ground-based Ultraviolet Radiometer Systems*. Obtenido de <http://www.radiacionuv.cl/img/GUV-511&541.pdf>
- INEI. (2017). *Estadísticas Ambientales Informe técnico Nro. 06*. Índice de radiación ultravioleta (UV-B), Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima.
- J:H., K. V. (1995). "Ozono y Radiación UV-B". Transtec.
- Krannich Solar. (Mayo de 2013). *Energías Renovables*. Obtenido de www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/Revista569.pdf
- LAPIS. (08 de Marzo de 2013). Semiconductor Co. *UV Sensor with Voltage Output*.
- les Diabletes; Munich; Baltimore. (1996, 1997 y 2002). *Comision Internacional Sobre Prroteccion Contra la Radiacion no Ionizante (ICNIRP)*. Obtenido de <http://www.radiacionno ionizateuv.cl/img/ICNIRP-1.pdf>
- Lic. Freddi Roland Rodriguez. (2015). "Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua". *Universidad Nacional De Jorge Basadre Grohmann*. Moquegua, Tacna.
- Martínez de Carvajal Hedrich, E. (15 de Agosto de 2017). *Robótica Educativa con mBot y Arduino*. (1. edición, Ed.)
- OMS. (2002). *Índice UV solar mundial: Guia práctica*. Obtenido de <http://www.who.int/uv/publications/globalindex/es/>
- Ordoñez, L. F. (2015). "Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua". *Universidad Nacional De Jorge Basadre Grohmann*. Moquegua, Tacna.

- Rehfuess, E. (2000). Consenso Alcanzado en la reunion de Munich. *ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD*.
- SENAMHI. (2015). *Estaciones de Monitoreo de Radiación UV*. Obtenido de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- Suarez, L. J. Flores, A. Pereira Filho y H. Karam,. (2017). Ultraviolet solar radiation in the tropical centralAndes (12.0°S). *Photochem. Photobiol. Sci.*, 16, 954.
- Van der Leun. J:C., Tevini, M., Worrest, R.C. (1998). Envirounmental effects of the ozone depletion 1998 Assessment. *United Nations Envimment Programme, Nairobi*.
- Washington Patricio Hidalgo Guacho. (2015). “Diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales biométricas mediante mensajes sms”. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*,. Riobamba, Ecuador.
- Wilks. (1995). correlacion de Pearson.
- WMO. (21-24 de Julio de 1998). Report of the WMO-WHO Meeting of Experts on Standardization of UV Indices and their Dissemination to the Public. *Les Diablerets, Switzerland*.
- Ylias, M., Pandy A. Hassan, S.L.S. (1999). “UV-B Radiation at Pennang”,. *Atmospheric Research*,, 51, 141-152.
- Zuñiga, O. y. (2015). Correlación y regresión.

ANEXOS

Anexos I: Cuadros de los datos del índice UV

Tabla N° 4: Datos registrados del índice UV con el sistema Arduino e IGP, correspondiente al mes de Enero del 2017

ENERO						
DIA	MES	AÑO	HORA	MINUTO	UV-ARDUINO	IGP-GUV(Radiómetro)
24	1	2017	7	0	2.14	0.508
24	1	2017	7	1	1.97	0.538
24	1	2017	7	2	1.82	0.552
24	1	2017	7	3	1.7	0.568
24	1	2017	7	4	1.58	0.583
24	1	2017	7	5	1.5	0.598
24	1	2017	7	6	1.38	0.621
24	1	2017	7	7	1.3	0.642
24	1	2017	7	8	1.29	0.661
24	1	2017	7	9	1.35	0.677
24	1	2017	7	10	1.3	0.696
24	1	2017	7	11	1.29	0.716
24	1	2017	7	12	1.29	0.749
24	1	2017	7	13	1.29	0.778
24	1	2017	7	14	1.28	0.801
24	1	2017	7	15	1.33	0.823
24	1	2017	7	16	1.42	0.847
24	1	2017	7	17	1.54	0.870
24	1	2017	7	18	1.64	0.893
24	1	2017	7	19	1.72	0.918
24	1	2017	7	20	1.78	0.943
24	1	2017	7	21	1.85	0.968
24	1	2017	7	22	1.92	0.994
24	1	2017	7	23	1.97	1.023
24	1	2017	7	24	2.03	1.050
24	1	2017	7	25	2.1	1.077
24	1	2017	7	26	2.21	1.104
24	1	2017	7	27	2.39	1.129
24	1	2017	7	28	2.59	1.133
24	1	2017	7	29	2.88	1.108
24	1	2017	7	30	3.19	1.107
24	1	2017	7	31	3.37	1.112

24	1	2017	7	32	3.46	1.088
24	1	2017	7	33	3.56	1.154
24	1	2017	7	34	3.59	1.245
24	1	2017	7	35	3.6	1.337
24	1	2017	7	36	3.61	1.395
24	1	2017	7	37	3.6	1.441
24	1	2017	7	38	3.58	1.484
24	1	2017	7	39	3.55	1.531
24	1	2017	7	40	3.53	1.578
24	1	2017	7	41	3.53	1.596
24	1	2017	7	42	3.53	1.628
24	1	2017	7	43	3.47	1.392
24	1	2017	7	44	3.51	1.480
24	1	2017	7	45	3.51	1.329
24	1	2017	7	46	3.56	1.422
24	1	2017	7	47	3.64	1.708
24	1	2017	7	48	3.7	1.872
24	1	2017	7	49	3.79	1.958
24	1	2017	7	50	3.84	2.000
24	1	2017	7	51	3.92	2.059
24	1	2017	7	52	3.96	2.119
24	1	2017	7	53	4.02	2.164
24	1	2017	7	54	4.07	2.187
24	1	2017	7	55	4.14	2.212
24	1	2017	7	56	4.21	2.254
24	1	2017	7	57	4.19	2.301
24	1	2017	7	58	4.25	2.341
24	1	2017	7	59	4.27	2.385

Tabla N° 5: Datos registrados del índice UV con el sistema Arduino e IGP, correspondiente al mes de Febrero del 2017

FEBRERO						
DIA	MES	AÑO	HORA	MINUTO	UV-ARDUINO	IGP-GUV(Radiómetro)
1	2	2017	7	0	0.81	0.443
1	2	2017	7	1	0.82	0.462
1	2	2017	7	2	0.82	0.483
1	2	2017	7	3	0.82	0.513
1	2	2017	7	4	0.81	0.540

1	2	2017	7	5	0.81	0.561
1	2	2017	7	6	0.78	0.577
1	2	2017	7	7	0.73	0.587
1	2	2017	7	8	0.73	0.595
1	2	2017	7	9	0.7	0.601
1	2	2017	7	10	0.65	0.616
1	2	2017	7	11	0.61	0.643
1	2	2017	7	12	0.57	0.680
1	2	2017	7	13	0.56	0.707
1	2	2017	7	14	0.55	0.720
1	2	2017	7	15	0.52	0.749
1	2	2017	7	16	0.48	0.764
1	2	2017	7	17	0.44	0.790
1	2	2017	7	18	0.38	0.822
1	2	2017	7	19	0.27	0.847
1	2	2017	7	20	0.19	0.868
1	2	2017	7	21	0.11	0.892
1	2	2017	7	22	0.01	0.915
1	2	2017	7	23	0.25	0.939
1	2	2017	7	24	0.37	0.961
1	2	2017	7	25	0.44	0.975
1	2	2017	7	26	0.49	0.956
1	2	2017	7	27	0.56	0.954
1	2	2017	7	28	0.62	1.002
1	2	2017	7	29	0.73	1.093
1	2	2017	7	30	0.79	1.135
1	2	2017	7	31	0.89	1.155
1	2	2017	7	32	0.99	1.172
1	2	2017	7	33	1.1	1.214
1	2	2017	7	34	1.22	1.254
1	2	2017	7	35	1.29	1.284
1	2	2017	7	36	1.34	1.314
1	2	2017	7	37	1.44	1.346
1	2	2017	7	38	1.79	1.378
1	2	2017	7	39	2.33	1.410
1	2	2017	7	40	2.78	1.440
1	2	2017	7	41	2.99	1.476
1	2	2017	7	42	3.42	1.513
1	2	2017	7	43	3.72	1.548

1	2	2017	7	44	3.93	1.584
1	2	2017	7	45	4.09	1.621
1	2	2017	7	46	4.04	1.659
1	2	2017	7	47	4.03	1.696
1	2	2017	7	48	4.02	1.734
1	2	2017	7	49	4.17	1.775
1	2	2017	7	50	4.17	1.814
1	2	2017	7	51	4.07	1.850
1	2	2017	7	52	4.1	1.884
1	2	2017	7	53	4.29	1.923
1	2	2017	7	54	4.49	1.967
1	2	2017	7	55	4.92	2.011
1	2	2017	7	56	5.32	2.053
1	2	2017	7	57	5.72	2.093
1	2	2017	7	58	6.07	2.135
1	2	2017	7	59	6.35	2.179

Tabla N° 6: Datos registrados del índice UV con el sistema Arduino e IGP, correspondiente al mes de Marzo del 2017

MARZO						
DIAS	MES	AÑO	HORA	MINUTO	UV-ARDUINO	IGP-GUV(Radiómetro)
1	3	2017	7	0	2.342	0.341
1	3	2017	7	1	2.292	0.352
1	3	2017	7	2	2.235	0.360
1	3	2017	7	3	2.218	0.363
1	3	2017	7	4	2.166	0.365
1	3	2017	7	5	2.138	0.363
1	3	2017	7	6	2.063	0.326
1	3	2017	7	7	2.052	0.373
1	3	2017	7	8	1.99	0.407
1	3	2017	7	9	1.92	0.426
1	3	2017	7	10	1.86	0.443
1	3	2017	7	11	1.78	0.456
1	3	2017	7	12	1.74	0.467
1	3	2017	7	13	1.68	0.480
1	3	2017	7	14	1.62	0.493
1	3	2017	7	15	1.56	0.506

1	3	2017	7	16	1.53	0.520
1	3	2017	7	17	1.47	0.534
1	3	2017	7	18	1.42	0.551
1	3	2017	7	19	1.39	0.568
1	3	2017	7	20	1.34	0.586
1	3	2017	7	21	1.31	0.612
1	3	2017	7	22	1.26	0.643
1	3	2017	7	23	1.23	0.671
1	3	2017	7	24	1.18	0.697
1	3	2017	7	25	1.12	0.721
1	3	2017	7	26	1.09	0.745
1	3	2017	7	27	1.04	0.770
1	3	2017	7	28	0.98	0.794
1	3	2017	7	29	0.95	0.815
1	3	2017	7	30	0.87	0.833
1	3	2017	7	31	0.83	0.850
1	3	2017	7	32	0.78	0.866
1	3	2017	7	33	0.73	0.874
1	3	2017	7	34	0.68	0.877
1	3	2017	7	35	0.62	0.874
1	3	2017	7	36	0.57	0.869
1	3	2017	7	37	0.51	0.863
1	3	2017	7	38	0.45	0.862
1	3	2017	7	39	0.39	0.866
1	3	2017	7	40	0.32	0.870
1	3	2017	7	41	0.27	0.870
1	3	2017	7	42	0.21	0.867
1	3	2017	7	43	0.14	0.863
1	3	2017	7	44	0.06	0.859
1	3	2017	7	45	0.04	0.859
1	3	2017	7	46	0.12	0.867
1	3	2017	7	47	0.2	0.884
1	3	2017	7	48	0.32	0.917
1	3	2017	7	49	0.39	0.934
1	3	2017	7	50	0.48	0.964
1	3	2017	7	51	0.56	0.997
1	3	2017	7	52	0.66	1.029
1	3	2017	7	53	0.77	1.065
1	3	2017	7	54	0.89	1.106

1	3	2017	7	55	1.02	1.156
1	3	2017	7	56	1.17	1.213
1	3	2017	7	57	1.26	1.291
1	3	2017	7	58	1.36	1.338
1	3	2017	7	59	1.46	1.372

Anexo II: Panel fotográfico (imágenes)



IMAGEN N° 1: Sensor UV-Portátil- ML 8511

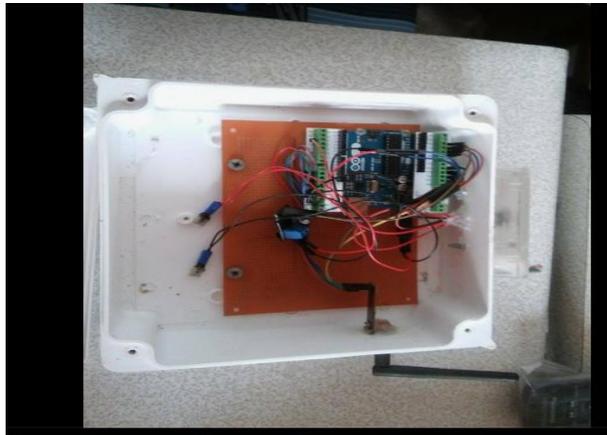


IMAGEN N° 2: Sensor UV y sus conexiones.

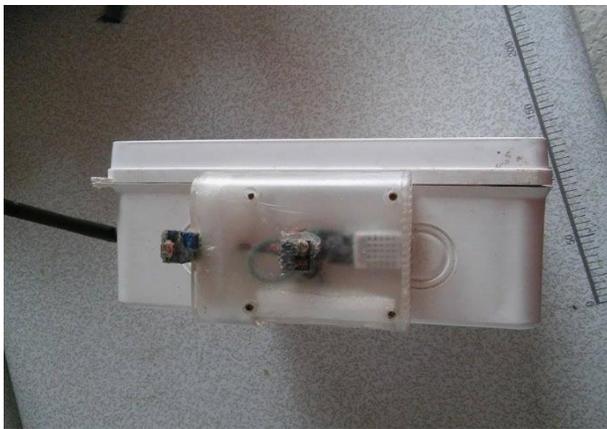


IMAGEN N° 3: Sensor UV-portátil – ML8511 listo para su medición.



IMAGEN N° 4: Sensor UV modelo ML8511



IMAGEN N° 5: Batería con la que se trabajó para la alimentación del sensor UV



IMAGEN N° 6: Programa LabVIEW, para el control y visualización instantánea del índice UV

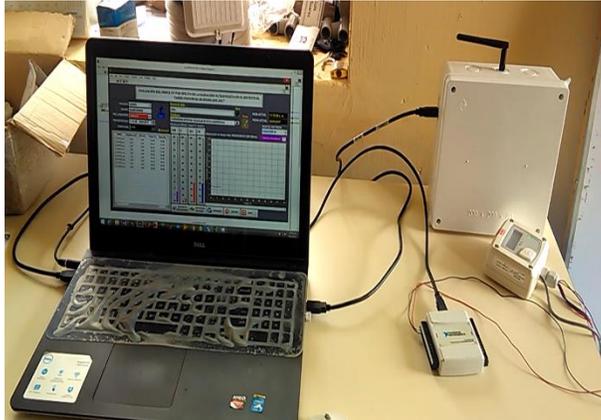


IMAGEN N° 7: Registro de los datos del índice UV



IMAGEN N° 8: Visualización del índice UV durante el día Instantáneamente

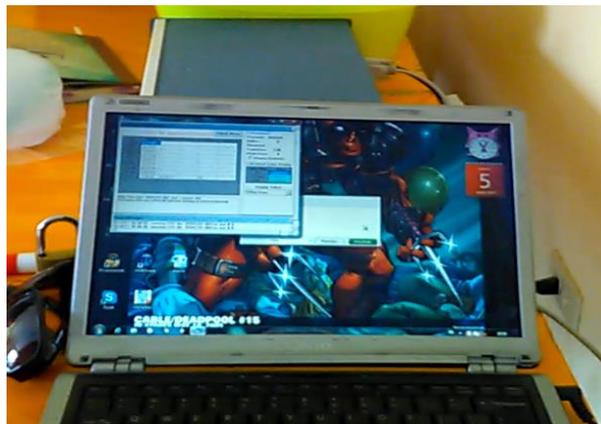


IMAGEN N° 9: Datos del índice UV del Observatorio de Huancayo (IGP)



IMAGEN N° 10: Ambos sensores ubicados en el Observatorio de Huancayo (Radiómetro – GUV y ML8511 – Sistema Arduino)

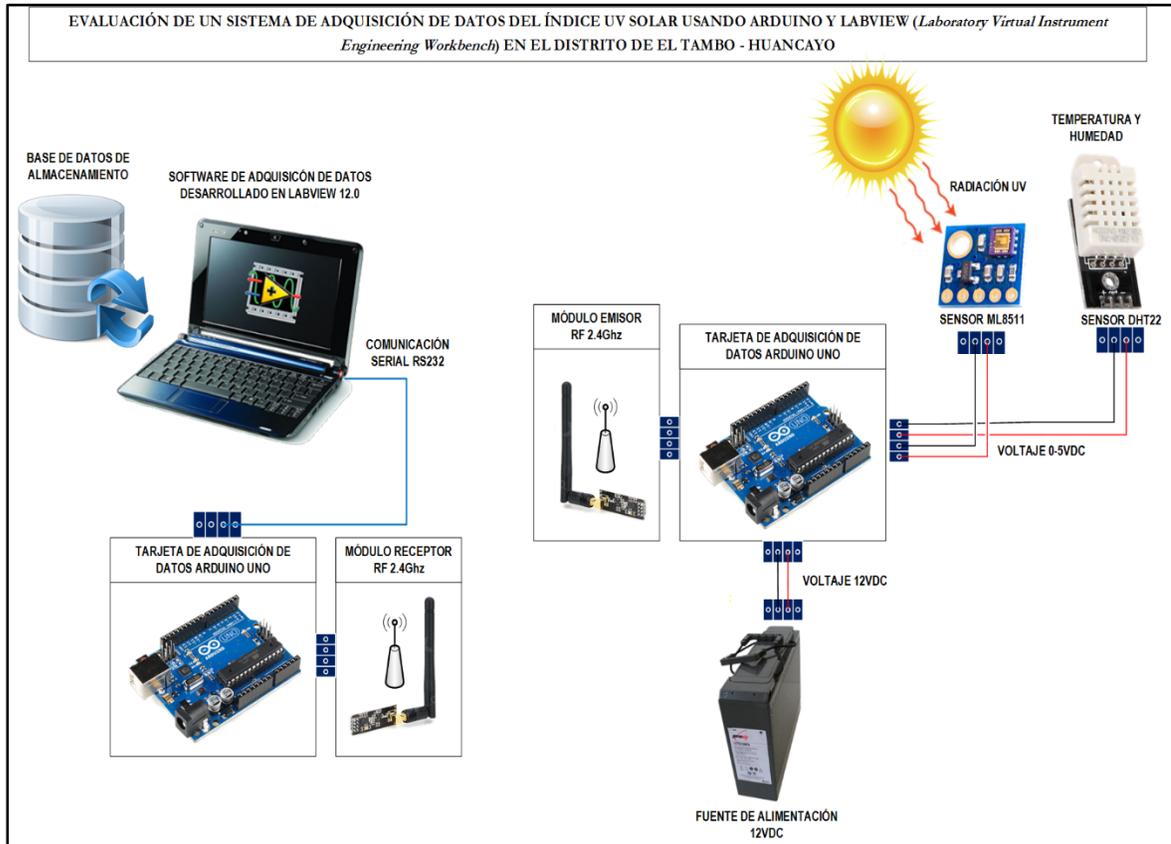


IMAGEN N° 11: Sensor radiómetro –GUV 511 del observatorio de Huancayo (IGP)



IMAGEN N° 12: Sensor ML8511 del Sistema Arduino.

Anexo II: Otros



Huancayo, 13 de Noviembre del 2015

Dr. José Kaname Ishitsuka Iba
Director del Observatorio de Huancayo

Instituto Geofísico del Perú (IGP)

De mi consideración:

Es grato dirigirme para saludarle cordialmente a usted a fin de solicitarle se sirva a disponer se me proporcione la información que requiero para fines de investigación profesional siendo mi título de mi tesis: **EVALUACIÓN DEL ÍNDICE UV Y RADIACIÓN SOLAR MEDIANTE UN SISTEMA AUTOMATIZADO BASADO EN HARDWARE LIBRE ARDUINO EN EL DISTRITO DE EL TAMBO-HUANCAYO**, con el objetivo de **Evaluar el índice UV y la Radiación solar mediante un sistema automatizado basado en hardware libre Arduino en el distrito de El Tambo-Huancayo.**

Presente: REF: PEDIDO DE INFORMACIÓN AL AMPARO DE LA LEY DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

- 1.- Datos estadísticos de la radiación ocurridos en la estación de Huancayo de los meses de 2016
- 2.- Acceder el apoyo del Ingeniero Luis Suarez, para dicha información, proporcionar alcances que me facilite para mi investigación profesional.

En tal sentido, conforme a la ley cumplo con tramitar mi pedido de información con arreglo a lo dispuesto de la ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, artículo 10.



Wilser Huaman Cones
Wilser_ambientalhc@hotmail.com



Ph.D. Jose Kaname Ishitsuka Iba

13/11/15
16:10