

## Determinación del nivel de riesgo ocupacional por exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en oficinas - estudio de caso en Pasto Colombia

Enviado - 10 mar. 2022

Aprobado - 07 ago. 2022

Publicado - 05 set. 2022



<http://dx.doi.org/10.52755/sas.v3i1.171>

**Ricardo Ignacio Pereira Martínez**

Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería Ambiental. Docente investigador Grupo ESLINGA. Universidad Cooperativa de Colombia campus Pasto. E-mail: ricardo.pereira@ucc.edu.co.

**Diego Javier Pérez Ortega**

Ingeniero Agroforestal, Master en Ingeniera Civil, PhD Ingeniería Ambienta, posdoctor en agricultura de precisión. Universidad de Nariño. E-mail: diegojperez77@gmail.com.

**Carlos Alonso Ramírez Velazco**

Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería Ambiental. Docente investigador Grupo ESLINGA. Universidad Cooperativa de Colombia campus Pasto. E-mail: carlos.ramirez@campusucc.edu.co.

**Fabio Andrés Bolaños Alomia**

Ingeniero Mecánico, Magister en Educación. Docente investigador Grupo ESLINGA. Universidad Cooperativa de Colombia campus Pasto. E-mail: fabio.bolanos@ucc.edu.co.

**Edgar Dario Obando Paredes**

Ingeniero Físico de la Universidad del Cauca, Popayán – Colombia. Magister en Ingeniería Eléctrica. Docente investigador del grupo de investigación ESLINGA de la facultad de ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Pasto. E-mail: edgar.obandop@campusucc.edu.co.

**Jesús David Coral Medina**

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia. PhD en Ingeniería de Bioprocesos y Biotecnología de la Universidad Federal de Paraná, Brasil. Coordinador investigador del grupo de investigación ESLINGA. E-mail: jesus.coralmed@campusucc.edu.co.

### RESUMEN

Se determinó el nivel de riesgo laboral causado por la exposición a la radiación solar tipo UVA y UVB, se seleccionaron las oficinas con mayor riesgo y se determinaron los medios correctivos para mitigar el riesgo en las estaciones de trabajo del campus Pasto de la Universidad Cooperativa de Colombia. Para ello se realizaron mediciones diarias de energía radiativa incidente ultravioleta de origen solar en 29 secciones con 84 trabajadores, durante los periodos comprendidos entre el 1 de febrero y el 14 de marzo de 2017 y entre el 7 de marzo y el 2 de abril de 2018, obteniendo valores máximos con los que se calculó la dosis eritémica mínima y el índice máximo de radiación ultravioleta IUV, valores a partir de los cuales se determinó la probabilidad de ocurrencia del riesgo, sus posibles consecuencias y el nivel de riesgo conforme la metodología de la GTC-45:2012; finalmente se estableció que el 31% de las oficinas observadas están expuestas a un nivel de riesgo tipo I y II extremadamente alto con condición crítica no aceptable que requiere intervención urgente.

**Palabras clave:** Radiación ultravioleta, dosis eritémica mínima, nivel de exposición, sensibilidad al riesgo, factor de riesgo.

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da Creative Commons Attribution Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.



---

## Determination of the level of occupational risk due to exposure to ultraviolet radiation of solar origin in office - case study in Pasto Colombia

### ABSTRACT

*The level of occupational risk caused by exposure to solar radiation type UVA and UVB was determined, the offices with the highest risk were selected and the corrective means were determined to mitigate the risk in the workstations of the Pasto campus of the Cooperative of Colombia University. For this purpose, daily measurements of incident ultraviolet radiative energy of solar origin were carried out in 29 work sections with 84 workers, during the periods between February 1 and March 14, 2017 and between March 7 and April 2, 2018. , obtaining maximum values with which the minimum erythemal dose and the maximum index of ultraviolet radiation IUV were calculated, values from which the probability of occurrence of the risk, its possible consequences and the level of risk were determined according to the methodology of the GTC-45:2012; Finally, it was established that 31% of the offices observed are exposed to an extremely high level of type I and II risk with an unacceptable critical condition that requires urgent intervention.*

**Keywords:** *Ultraviolet radiation, minimum erythemal dose, exposure level, risk sensitivity, risk factor.*

---

## Determinação do nível de risco ocupacional devido à exposição à radiação ultravioleta de origem solar em escritórios - estudo de caso em Pasto Colombia

### RESUMO

*O nível de risco ocupacional causado pela exposição à radiação solar tipo UVA e UVB foi determinado nos postos de trabalho do campus Pasto da Universidade Cooperativa de Colômbia. Os escritórios com maior risco foram selecionados e métodos de correção foram determinados para mitigar o risco. Para isso, foram realizadas medições diárias de energia radiativa ultravioleta incidente de origem solar em 29 seções com 84 trabalhadores, durante os períodos entre 1º de fevereiro e 14 de março de 2017 e entre 7 de março e 2 de abril de 2018, obtendo valores máximos, com a qual se calculou a dose eritematosa mínima e o índice máximo de radiação ultravioleta IUV, valores a partir dos quais a probabilidade de ocorrência do risco, suas possíveis consequências e o nível de risco foram determinados de acordo com a metodologia do GTC-45: 2012. Por fim, conclui-se que 31% dos consultórios observados estão expostos a um nível extremamente alto de risco tipo I e II com uma condição crítica inaceitável que requer intervenção urgente.*

**Palavras-chave:** *Radiação ultravioleta, dose eritematosa mínima, nível de exposição, sensibilidade ao risco, fator de risco.*

---

## Introdução

Las reacciones de fusión termonuclear solar liberan una cantidad de energía de la cual una parte llega hasta la Tierra en forma de diversos tipos de radiación electromagnética conocida como radiación solar. Uno de los componentes de la radiación solar es la luz ultravioleta cuyo rango espectral se ubica entre los 10 nm y los 400 nm (BENGT, 2012), siendo que la luz

blanca visible por el ojo humano esté en el rango de los 380 nm a los 780 nm (IDEAM, 2017).

La radiación ultravioleta de origen solar (RUVS) es una forma de radiación no ionizante que tiene cuatro componentes: la luz ultravioleta externa de alta energía que oscila entre los 10nm y los 120nm, esta luz es filtrada por la termósfera sin atravesar la mesosfera. Luego, en el rango de los 120 nm a los 200 nm se encuentra la luz ultravioleta lejana, llamada también de la clase C (UVC), cuya alta energía reviste peligrosidad para la vida en la Tierra, pero sus efectos letales son atenuados por la acción del ozono atmosférico en la mesosfera. En el rango de los 200 nm y los 300 nm, le sigue la radiación ultravioleta de clase B (UVB) o UV intermedio que es parcialmente absorbida por la capa de ozono alcanzando la superficie del planeta; y finalmente, la luz ultravioleta de clase A (UVA) o UV cercano, es el tipo de radiación ultravioleta menos energético, pero a su vez el menos absorbido por la capa de ozono por tanto llega en mayor abundancia a la superficie de la tierra (CABRERA; LISSI; HONEYMAN, 2005).

Las exposiciones a la RUVS generalmente ocurren en ámbitos exteriores de trabajo (SANTAMARÍA, 2010), sin embargo, en ambientes cerrados esta exposición también puede darse de manera indirecta, al ingresar a través de los cristales de las ventanas de las edificaciones para luego reflejarse en los objetos brillantes de su interior.

El impacto de la exposición a la radiación solar del tipo UVA y UVB, plantea condiciones ambientales de trabajo que pueden afectar la salud y bienestar laboral. El eritema, la queratosis actínica, el envejecimiento prematuro, la aparición de cataratas oculares o el melanoma, entre otras posibles, son enfermedades que podrían manifestarse a consecuencia de la exposición a las RUVS tipo A o B (NIH, 2017); aunque en otro escenario la exposición moderada del cuerpo humano a la luz UV solar provee de efectos favorables para la fijación del calcio en los huesos, la producción de vitamina D y la estimulación de la circulación sanguínea; así como también para el tratamiento de ciertos tipos de tuberculosis o de la psoriasis.

Cuando la piel humana se expone a la RUVS ocurren reacciones que pueden clasificarse en tempranas y tardías. Las reacciones tempranas se manifiestan como una cadena de sucesos, en las cuales, a medida que aumenta el tiempo de exposición también aumenta la manifestación del efecto en la piel. Las reacciones tardías suelen tener un carácter acumulativo y se manifiestan después de algún tiempo y de varias exposiciones sucesivas: foto-envejecimiento, foto-carcinogénesis, ampollas por exposición solar, queratosis, melanomas (BENEDETTI, 2022). Se considera que el 80% del total del daño de la piel que las personas reciben a lo largo de su vida, se debe a la exposición solar antes de los 18 años (MORA *et al.*, 2010).

Henry Oswaldo Benavides Ballesteros (2010) explica que para medir la dosis eritémica mínima (DEM), que es la influencia de la RUVS sobre la piel, capaz de producir eritema en el fototipo de piel II después de un determinado tiempo de exposición; se utiliza la relación de dos factores de exposición: la irradiancia solar UV, que es el flujo de densidad radiativa solar UV instantánea que incide sobre la piel medida en [ $\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]; y el tiempo de exposición a la radiación en horas o en segundos, configurándose la [DEM/hora] como la unidad de medida para su estimación que en la práctica se ha estimado que equivale a 5.83 [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] (RIVA *et al.*, 2014).

La DEM depende del fototipo de piel, la que a su vez depende de la genética y de la proporción de melanina existente en ella (PEREZ *et al.*, 2014), pero como también depende de la intensidad de la radiación, la sensibilidad eritémica de la piel responde en función de la longitud de onda de la radiación UV a la que está expuesta (VALVUENA; NOVA; SÁNCHEZ, 2020); por tanto, para la confección de un modelo matemático que permita la estimación de una DEM estándar, se ha aceptado tomar como factor de piel de referencia la pigmentación de individuos con tipo de piel II de la escala de Fitzpatrick (SÁNCHEZ e NOVA, 2008), la cual indica la sensibilidad de la piel humana a diferentes niveles de longitud de onda y de intensidad de radiación UV, explicando que cuando menor es el nivel en la escala, mayor

es la sensibilidad a la RUVS y mayores sus efectos en la piel (DEIRY e DEL POZO, 2005).

El índice de radiación ultravioleta (IUV) es un parámetro de la medición de la peligrosidad del flujo radiativo ultravioleta del sol, indicado mediante una escala abierta que avanza desde el menor nivel 1 de baja peligrosidad, hasta el nivel 15+ de extremadamente alta peligrosidad (IDEAM, 2014). Esta escala se elaboró experimentalmente al observarse que en la medida en que se acumula una [DEM/hora] en un metro cuadrado de piel humana, la energía radiativa incidente (ERI) varío de 0 [J] a 1500 [J], escala de datos con la cual se confeccionó una serie de 15 rangos a los que se les asignó un valor numérico escalar siendo que el número 1 correspondiera al rango en el que la ERI está limitada entre 0 y 99 [J] hasta llegar al rango número 15 comprendido entre los 1400 [J] y 1500 [J] (IDEAM, 2010). Vale aclarar que la escala suele indicarse hasta el rango 11+, pero ello se debe a que, al ser la escala abierta, cualquier índice igual o superior a 11 está categorizado como de extremadamente alta peligrosidad pues es posible, en algunas regiones y situaciones ambientales particulares, encontrar valores de ERI superiores a 1500 [J] como suele ocurrir con relativa frecuencia en la ciudad de Pasto (Colombia) en donde se registran valores de IUV de hasta 15,5+.

Según el volumen 30 de la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública (SORDO e GUTIERREZ, 2013) el mayor impacto por cáncer de piel originado por RUVS evidenciado en Perú entre los años 1995 y 2011, fue en mujeres con un 66% de casos atendidos, en especial, en el rango de edad entre los 19 y los 41 años. Igualmente se ha asociado al mismo factor de riesgo, una alta proporción de casos de queilitis actínica en Chile (OROZCO *et al.*, 2013).

Citando casos de afectación relacionada con las RUV, la revista Actas Dermosifilográficas (PÉREZ *et al.*, 2014), publicó los resultados de una metodología aplicada para la determinación de la DEM para radiaciones UVA y UVB, encontrando que en el fototipo I no se obtuvieron resultados por cuanto que los niveles de ERI incidente, que podrían afectar a este grupo,

tienen magnitudes de intensidad más bajas que el mínimo rango de detección de los instrumentos utilizados en el fototipo II, en los que la DEM fue de 1800 [ $\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] y en los fototipos III y IV fue de 2400 [ $\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]. Otro dato de interés fue que la metodología de medición fue validada y es correspondiente con la propuesta de medición expresada para esta investigación.

Factores ambientales como la altura sobre el nivel del mar, la altura solar, el calibre de la capa de ozono pronosticada, la nubosidad pronosticada, la elevación terrestre y la actividad solar constituyen variables utilizadas en la estimación matemática del cálculo del índice solar IUV, metodología de cálculo utilizada por la EPA (EPA, 2019), sin embargo, también es posible su cálculo mediante su estimación a partir de la equivalencia de la DEM/hora. En Colombia, el Atlas de Radiación Solar (UPME - IDEAM, 2005) relaciona a las ciudades capitales de departamento que tienen un mayor IUV; se cuentan principalmente a Tunja, Bogotá y Pasto con un IUV máximo de entre 15+ y 16+, seguidas de Medellín, Manizales, Armenia, Pereira, Ibagué y Popayán con un IUV máximo de entre 11+ y 12+.

Al vincular esta investigación, con la problemática asociada a la peligrosidad de la exposición a la RUVS como un riesgo laboral en las oficinas de la sede de Pasto de la Universidad Cooperativa de Colombia, se está atendiendo coherentemente a los axiomas definidos en su política de seguridad y salud en el trabajo, aportando la base conceptual para la toma de decisiones para la implementación de medidas para mitigar el riesgo o prevenir sus efectos.

## **Materiales y métodos**

Investigación del tipo empírico analítico y exploratorio, enfocada en estimar el impacto, en el entorno laboral, del factor de riesgo de exposición a la RUVS apoyada en el análisis de datos recolectados a través de mediciones de la radiación incidente en las secciones interiores de trabajo y que fueron sometidos a los métodos de cálculo predefinidos por la

metodología propia de la Guía Técnica Colombiana GTC-45 versión 2012 (ICONTEC, 2012).

Se implementaron dos unidades de observación: una en el periodo comprendido entre el 1 de febrero hasta el 14 de marzo de 2017 y otra entre el 7 de marzo hasta el 2 de abril de 2018, en las jornadas de la mañana y de la tarde; en las que no se establecieron factores restrictivos por cuanto que la investigación se limitó a realizar el procesamiento de sus mediciones y la determinación de la DEM y el IUUV.

Con el fin de ofrecer suficiente información metodológica se elaboró un modelo experimental cuyos datos resumidos se exponen en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Diseño experimental.**

PARÁMETRO	EXPLICACIÓN
Campo de investigación	Ingeniería Industrial – Seguridad y Salud en el Trabajo.
Tipo de investigación	Empírico analítico
Tipo de experimento	RUUVS: Única variable independiente
Metodología	Empírico-analítica, descriptiva cuantitativa.
Número total de muestras	2436 muestras.
Oficinas observadas	29 oficinas.
Tiempo de observación	Año 2017: entre el 1 de febrero y el 14 de marzo durante 30 días hábiles
	Año 2018: entre 7 de marzo y el 2 de abril durante 12 días hábiles
Unidades experimentales	Radiación Ultravioleta de origen solar año 2017 58 lecturas diarias: 29 en la mañana y 29 en la tarde durante 30 días – 1740 muestras totales.
	Radiación Ultravioleta de origen solar año 2018 58 lecturas diarias: 29 en la mañana y 29 en la tarde durante 12 días – 696 muestras totales.

Horario de muestreo	Jornadas de la mañana	Entre las 9:30 am y las 11:30 am
	Jornadas de la tarde	Entre las 2:30 pm y las 4:30 pm
Fechas del muestreo	Entre el 1 de febrero y el 14 de marzo de 2017	
	Entre el 7 de marzo hasta el 2 de abril de 2018	
Ubicación del sensor	Luz solar incidente sobre el puesto de trabajo	Luz solar incidente a través de ventanales en interiores.
Variable respuesta experimental	Nivel de riesgo ocupacional por exposición a RUVS	
Variable respuesta general	% de oficinas con nivel de riesgo alto, moderado o bajo por exposición a RUVS.	

**Fuente:** Esta investigación.

### Cálculo del IUV

Se explicó que para la valoración del IUV se confeccionó una escala de peligrosidad de la ERI solar en la que se asignaron valores de IUV del 1 al 15+ en la que el número 1 corresponde al rango entre 0 y 99 J/m<sup>2</sup>/hora, 2 al rango entre 100 y 199 J/m<sup>2</sup>/hora y así sucesivamente hasta llegar al índice 15 que corresponde al tope de la escala expuesta en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Equivalencia de la categoría de la peligrosidad de IUV.

Índice UV	DEM/h J/m <sup>2</sup> /hora	Categoría IUV
1 – 2	0 -199	Baja
3 – 5	200-499	Moderada
6 – 7	500-699	Alta
8 – 10	700-999	Muy alta
11 – 15	1000-1500	Extremadamente alta

**Fuente:** (IDEAM, 2010).

### Cálculo de la peligrosidad por RUVS

Conforme con las especificaciones de la GTC-45:2012, la estimación del nivel de riesgo implicó evaluar el producto de dos parámetros: la



probabilidad de activación del riesgo y las consecuencias, (**Ecuación 1**). Previo a este cálculo fue fundamental la medición de la ERI que se realizó en los años 2017 y 2018, identificando a las áreas con presencia del riesgo de IUUV a consecuencia de la estimación de la DEM.

### **Ecuación 1. Fórmula de cálculo del Nivel de Riesgo.**

$$NR = NP * NC$$

Donde:

NR = nivel de riesgo.

NP = nivel de probabilidad.

NC = nivel de consecuencias.

**Fuente:** (ICONTEC, 2012).

La ERI se midió con un sensor selectivo de luz ultravioleta con sensibilidad en un rango de longitud de onda de los 290 nm a los 390 nm, según se mida la radiación tipo A o B en [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] modelo UV-340A (UV LIGHT METER), con certificado de calibración y con capacidad de detección de RUUVS, con dos niveles de medición.

La norma técnica utilizada de referencia para la valoración del nivel de riesgo laboral fue la Guía Técnica Colombiana GTC-45, actualizada al año 2012 y que aporta la metodología para la elaboración de la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Colombia, la cual direcciona el reconocimiento de los peligros en entornos de trabajo, determina la probabilidad de su activación, de sus posibles efectos y la valoración del nivel del riesgo, luego de lo cual, determina el establecimiento de controles y la priorización en su implementación (ICONTEC, 2012).

## Georreferenciación

San Juan de Pasto está ubicada en el departamento de Nariño de la República de Colombia a 140 Km al norte de la línea ecuatorial, sobre las coordenadas  $1^{\circ}12'52''$  norte y  $77^{\circ}16'41''$  oeste, a una altura de 2.536 m.s.n.m.

Las observaciones se realizaron en 29 oficinas del campus Pasto de la Universidad Cooperativa de Colombia, ubicada en las coordenadas geográficas a  $1^{\circ}13'47,24''$  de latitud norte y  $77^{\circ}17'25,11''$  de longitud oeste y según la nomenclatura urbana de la ciudad de Pasto, en la calle 18 #47-150 del barrio Torobajo.

La distribución arquitectónica del campus universitario está conformada por dos bloques: A y B, en los cuales se distribuyen tanto los espacios académicos como las secciones de oficinas de los trabajadores. El bloque A tiene una orientación norte sur con una inclinación de  $23^{\circ}$  noreste, de modo que recibe por su costado oriental la incidencia solar de la mañana y por su costado occidente la incidencia solar de la tarde. El bloque B, adyacente perpendicularmente al centro del eje longitudinal del bloque A, tiene una orientación oriente-occidente a  $294^{\circ}$  con dirección oeste-norte que hace que la incidencia al interior de las oficinas sea menor que en el bloque A y con mayor o menor incidencia según la temporada del año.

En la ciudad de Pasto la trayectoria solar anual ocurre entre los  $70^{\circ}$  y los  $110^{\circ}$  oriente y los  $240^{\circ}$  y  $290^{\circ}$  occidente aproximadamente y con una inclinación máxima de  $\pm 23^{\circ}$  al cenit el cual está a  $0^{\circ}$  en marzo 21 y septiembre 23.

## Control de calidad y consideraciones éticas

Se tuvieron en cuenta tres esquemas de control de calidad: 1. correspondiente con las medidas de control técnico de dotación de los equipos e instrumentos utilizados; 2. correspondiente a la fiabilidad de los análisis matemáticos y estadísticos de los resultados; y, 3. correspondiente con el estricto y riguroso cumplimiento de normas de bioética, seguridad

industrial y de buenas prácticas de laboratorio por parte del grupo investigador, para lo cual se utilizaron formatos individuales de consentimiento informado para cada trabajador involucrado en la investigación y se ha mantenido la reserva de sus identidades. Los consentimientos informados fueron sometidos a revisión ética por parte del comité de investigaciones y del grupo de investigación ESLINGA de la facultad de ingeniería del campus Pasto de la Universidad Cooperativa de Colombia.

## Resultados

### Factores climáticos regentes

San Juan de Pasto tiene una humedad relativa media de entre 60% y 88% y una temperatura ambiental media de 13,3°C, con una máxima de 17°C y una mínima de 9,6°C entre 2017 y 2018. Su presión atmosférica varía alrededor de 1015 hPa. La irradiación solar máxima ocurre entre las 9:00 y las 16:00 horas (IDEAM, s/f).

La penetración de la RUVS sobre la superficie urbana de Pasto, aparte de la nubosidad, también depende de la columna de ozono local que en Pasto promedió entre los 2,56 y 2,59 mm para el año 2018 (UPME - IDEAM, 2005), situación que hizo proclive a la localidad, a recibir un alto impacto de las RUVS.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia publica en su página web que, en la ciudad de Pasto, generalmente en el horario comprendido entre las 9:00 y las 16:00 horas de los días soleados o de moderada nubosidad de la primera temporada seca del año, ordinariamente comprendida entre los meses de mediados de enero a mediados de marzo, se registra un IUV máximo de 15,5 (UPME - IDEAM, 2005); lo que significa que según la escala abierta internacional de IUV (IDEAM, 2010), ese índice corresponde con la categoría de “extremadamente alta”.

### Radiación solar en la localidad

El equipo de investigación realizó lecturas diarias de la RUVS en los espacios abiertos del campus universitario, durante los intervalos comprendidos entre a las 9:00 y las 12:00 horas para la mañana y entre las 14:00 y las 17:00 horas de la tarde (hora colombiana). Tal como puede apreciarse en las **Tablas 3 y 4**, el tiempo climático durante los 30 días hábiles de observación de 2017 y los 12 días hábiles de 2018 fue variado, contando con días despejados con abundante insolación y días nublados con insolación limitada.

**Tabla 3.** Lecturas de potencia radiativa en espacios abiertos del campus universitario en 2017.

Día	Fecha	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la mañana	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la tarde
1	1-feb	ND	ND	ND	ND
2	2-feb	ND	Parcialmente Nublado	ND	Despejado
3	3-feb	ND	Parcialmente Nublado	ND	Parcialmente Nublado
4	6-feb	ND	Despejado	ND	Parcialmente Nublado
5	7-feb	ND	Despejado	ND	Despejado
6	8-feb	4170	Despejado	1390	Despejado
7	9-feb	3380	Despejado	1254	Despejado
8	10-feb	4100	Despejado	1120	Despejado
9	13-feb	733	Nublado	210	Nublado
10	14-feb	1845	Parcialmente Nublado	267	Nublado
11	15-feb	1345	Nublado	248	Nublado
12	16-feb	5380	Despejado	474	Nublado
13	17-feb	4500	Despejado	256	Nublado
14	20-feb	1241	Parcialmente Nublado	124	Nublado
15	21-feb	1364	Parcialmente Nublado	1043	Parcialmente Nublado
16	22-feb	1043	Nublado	680	Nublado
17	23-feb	1609	Nublado	2540	Despejado
18	24-feb	4870	Despejado	312	Nublado
19	27-feb	3210	Despejado	281	Nublado

Día	Fecha	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la mañana	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la tarde
20	28-feb	3960	Despejado	646	Nublado
21	1-mar	4700	Despejado	832	Parcialmente Nublado
22	2-mar	1272	Parcialmente Nublado	1547	Despejado
23	3-mar	4550	Parcialmente Nublado	3300	Despejado
24	6-mar	1256	Parcialmente Nublado	656	Nublado
25	7-mar	536	Nublado	345	Nublado
26	8-mar	1557	Nublado	689	Nublado
27	9-mar	5810	Parcialmente Nublado	2850	Despejado
28	10-mar	1325	Nublado	624	Nublado
29	13-mar	4450	Parcialmente Nublado	2850	Despejado
30	14-mar	1116	Parcialmente Nublado	121	Nublado
Máximo		5810	Máximo	3300	

ND: No determinado.

Fuente: Esta investigación.

**Tabla 4.** Lecturas de potencia radiativa en espacios abiertos del campus universitario en 2018.

Día	Fecha	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la mañana	ERI máx. $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Tiempo de la tarde
1	7-mar	4930	Despejado	3100	Despejado
2	9-mar	941	Parcialmente Nublado	2980	Despejado
3	12-mar	932	Parcialmente Nublado	2540	Despejado
4	13-mar	2680	Parcialmente Nublado	2460	Despejado
5	14-mar	2660	Parcialmente Nublado	993	Parcialmente Nublado
6	15-mar	447	Nublado	364	Nublado
7	16-mar	972	Parcialmente Nublado	265	Nublado
8	20-mar	907	Parcialmente Nublado	893	Parcialmente Nublado
9	21-mar	200	Nublado	702	Parcialmente Nublado
10	22-mar	473	Nublado	914	Parcialmente Nublado
11	23-mar	3300	Despejado	600	Parcialmente Nublado
12	2-abr	1169	Despejado	973	Parcialmente Nublado
Máximo		4930	Máximo	3100	

Fuente: Esta investigación.

Esta variabilidad es natural y condiciona la cantidad de RUVS que llega a los puestos de trabajo estimada como energía radiativa incidente ERI [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ], lo cual determina la [DEM/hora] en una determinada fecha y hora; y en última consecuencia el nivel del riesgo laboral, el cual a nivel individual estaría condicionado además por el fototipo personal; de allí que con la finalidad de lograr un espectro de análisis del mayor impacto general del riesgo en las secciones de trabajo, se haya seleccionado del IUUV más alto estimado.

### Medición de RUVS en los espacios de trabajo

Las mediciones se hicieron siguiendo el orden de oficinas descritas en las **Tablas 5 y 6**, de modo que las lecturas se efectuaron en horarios similares.

**Tabla 5.** IUUV máximo en 2017 en las jornadas de la mañana y tarde.

Área	Bloque	Mañana			Tarde		
		ERI máx. ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	DEM/h	IUV	ERI máx. ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	DEM/h	IUV
AMI	B	125	21,44	Baja	643	110,29	Baja
Mercadeo	B	95	16,30	Baja	529	90,74	Baja
DARC	B	72	12,35	Baja	315	54,03	Baja
Bienestar universitario	B	375	64,32	Baja	357	61,23	Baja
Consultorio primeros auxilios	B	220	37,74	Baja	376	64,49	Baja
ICETEX	B	8	1,37	Baja	6	1,03	Baja
CAD	B	136	23,33	Baja	84	14,41	Baja
Clínica odontológica	B	375	64,32	Baja	326	55,92	Baja
Facultad de medicina	B	375	64,32	Baja	390	66,90	Baja
INDESCO	B	334	57,29	Baja	92	15,78	Baja
Facultad de ingeniería	B	1.172	201,03	Moderada	150	25,73	Baja
Decanatura de ingeniería	B	314	53,86	Baja	331	56,78	Baja
Sala de profesores ingeniería	B	248	42,54	Baja	434	74,44	Baja
Centro de idiomas	B	171	29,33	Baja	80	13,72	Baja
Sala de profesores derecho	A	2.110	361,92	Moderada	314	53,86	Baja
Decanatura de derecho	A	507	86,96	Baja	85	14,58	Baja

Jefe de programa de derecho	A	1.492	255,92	Moderada	493	84,56	Baja
Jefe autoevaluación.	A	1.670	286,45	Moderada	674	115,61	Baja
Subdirección financiera	A	2.370	406,52	Moderada	554	95,03	Baja
Director	A	2.190	375,64	Moderada	866	148,54	Baja
Subdirección académica	A	525	90,05	Baja	1.384	237,39	Moderada
Gestión humana	A	679	116,47	Baja	1.396	239,45	Moderada
Gestión tecnológica	A	1.420	243,57	Moderada	110	18,87	Baja
Laboratorio de informática 2	A	602	103,26	Baja	1.632	279,93	Moderada
Laboratorio de informática 5	A	1.558	267,24	Moderada	322	55,23	Baja
Sala profesores de odontología	A	1.048	179,76	Baja	123	21,10	Baja
Ambientes prácticos aprendizaje	A	1.749	300,00	Moderada	137	23,50	Baja
Biblioteca área de lectura	A	1.635	280,45	Moderada	382	65,52	Baja
Facultad de odontología	A	864	148,20	Baja	46	7,89	Baja

**Fuente:** Esta investigación.

Es de resaltar que los funcionarios trabajan al interior de los edificios, de manera que la incidencia de la RUVS es indirecta al ser parcialmente filtrada por los vidrios de los ventanales, los cuales tienen una capacidad de reducción de potencia radiativa incidente de las UV de aproximadamente un 70% y de un 35% del calor radiativo infrarrojo del sol que ingresa a través de ellos, aunque en éste último caso, el calor radiativo que ingresa queda atrapado en el interior creando efecto invernadero en el interior (CABRERA, 1999).

En los espacios y superficies de trabajo se utilizan divisiones con vidrio, pisos de superficie brillante y colores claros en las paredes; todos elementos arquitectónicamente agradables y convenientes pues las superficies claras mejoran la luminosidad interior, optimizando la utilización de energía y favoreciendo la visualización de detalles y escritura. Sin embargo, las superficies brillantes también producen el reflejo de la RUVS

dispersándola hacia el interior donde no recibe la irradiación solar directa, aumentando la exposición hacia un número mayor de personas.

La lectura de la ERI se realizó ubicando el sensor a la altura media del rostro del trabajador más cercano a una ventana totalmente descubierta de cortinas o persianas; destacándose que algunas oficinas contienen varios trabajadores, de allí que se hubiese considerado hacer la lectura en el sitio de la posible mayor incidencia de la RUVS en el espacio general de trabajo.

Finalmente se tomó al valor máximo de ERI, tanto en la jornada de la mañana como de la tarde, para el cálculo de la DEM y con ella, a su vez, la determinación de los IUV para cada sitio y año de observación.

**Tabla 6. IUV máximo en 2018 en las jornadas de la mañana y tarde.**

Área	Bloque	Mañana			Tarde		
		ERI máx. ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	DEM/h	IUV	ERI máx. ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	DEM/h	IUV
AMI	B	30	5.14	Baja	41	7.38	Baja
Mercadeo	B	161	27.60	Baja	69	12.42	Baja
DARC	B	13	2.23	Baja	13	2.34	Baja
Bienestar universitario	B	68	11.66	Baja	211	37.98	Baja
Auxiliares enfermería	B	237	40.63	Baja	116	20.88	Baja
ICETEX	B	3	0.51	Baja	2	0.36	Baja
CAD	B	163	27.94	Baja	60	10.80	Baja
Clínica odontológica	B	59	10.11	Baja	38	6.84	Baja
Facultad de medicina	B	168	28.80	Baja	208	37.44	Baja
INDESCO	B	53	9.09	Baja	23	4.14	Baja
Facultad de ingeniería	B	339	58.11	Baja	64	11.52	Baja
Decanatura de ingeniería	B	133	22.80	Baja	182	32.76	Baja
Sala de profesores ingeniería	B	78	13.37	Baja	219	39.42	Baja
Centro de idiomas	B	94	16.11	Baja	63	11.34	Baja
Sala de profesores derecho	A	580	99.43	Baja	215	38.70	Baja
Decanatura de derecho	A	99	16.97	Baja	73	13.14	Baja
Jefe de programa de	A	293	50.23	Baja	79	14.22	Baja



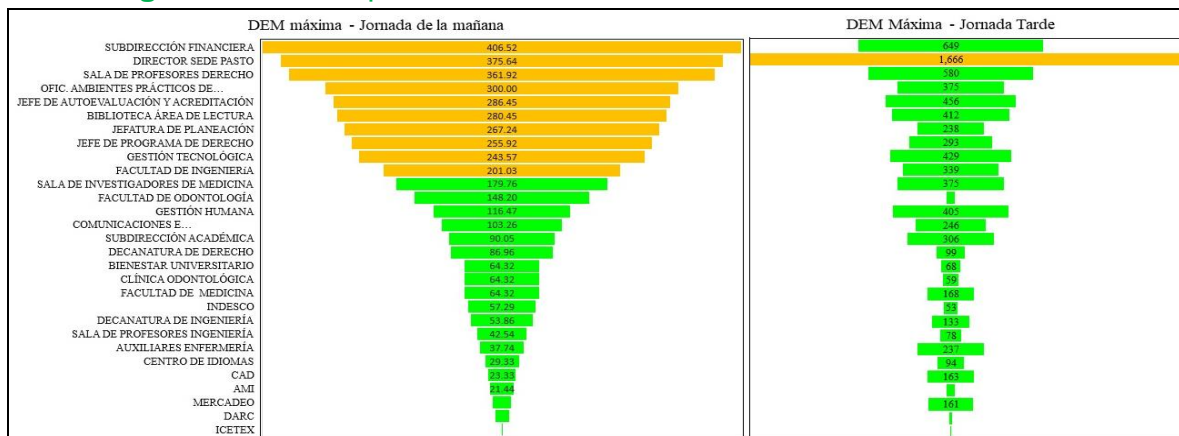
derecho							
Jefe autoevaluación.	A	456	78.17	Baja	135	24.30	Baja
Subdirección financiera	A	649	111.26	Baja	138	24.84	Baja
Director	A	1,666	285.60	Moderada	218	39.24	Baja
Subdirección académica	A	306	52.46	Baja	1,161	208.96	Moderada
Gestión humana	A	405	69.43	Baja	1,380	248.38	Moderada
Gestión tecnológica	A	429	73.54	Baja	35	6.30	Baja
Comunicaciones internacionalización y egresados	A	246	42.17	Baja	439	79.01	Baja
Jefatura de planeación	A	238	40.80	Baja	793	142.73	Baja
Sala investigadores de medicina	A	375	64.29	Baja	32	5.76	Baja
Ambientes prácticos aprendizaje	A	375	64.29	Baja	55	9.90	Baja
Biblioteca área de lectura	A	412	70.63	Baja	1,098	197.62	Baja
Facultad de odontología	A	34	5.83	Baja	34	6.12	Baja

**Fuente:** Esta investigación

Con los datos de las DEM se confeccionó la **Figura 1** que indica la posición general de la DEM que en cada sección de trabajo en las jornadas de la mañana y de la tarde del año 2017, al igual que se indicó la categoría moderada de IUV y su categoría baja. Y la **Figura 2** que ofrece la misma información para el año 2018. Se destaca que en el año 2017 al igual que en 2018, en el horario de la mañana el IUV fue mayor que en los horarios de la tarde.

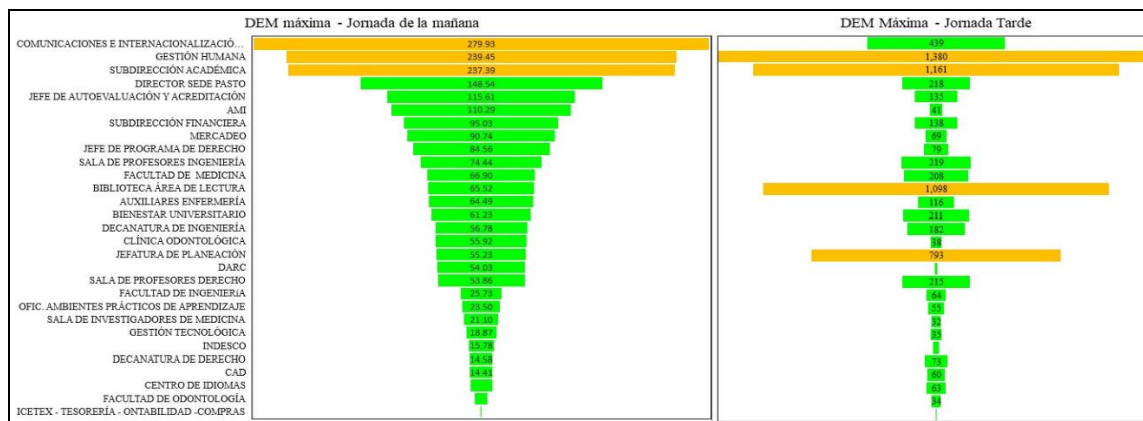
En la jornada de la mañana, las oficinas con mayor impacto de la RUVS son la dirección del campus, la subdirección financiera, la sala de profesores de derecho, seguidos de la coordinación de APA, la oficina de autoevaluación y acreditación, gestión tecnológica y la sala general de la biblioteca.

**Figura 1. DEM/h por oficinas en el año 2017.**



Fuente: Esta investigación.

**Figura 2. DEM/h por oficinas en el año 2018.**



Fuente: Esta investigación.

En la jornada de la tarde el mayor riesgo se concentra en la oficina de correspondencia, mercadeo AMI y DARC, seguido de bienestar universitario, la decanatura de la facultad de medicina, la decanatura de la facultad de ingeniería, el laboratorio de informática 2, sala de lectura del segundo piso de la biblioteca, el laboratorio de informática 5, la oficina de gestión humana y la oficina de la subdirección académica.

### Fototipo de los trabajadores según la clasificación Fitzpatrick

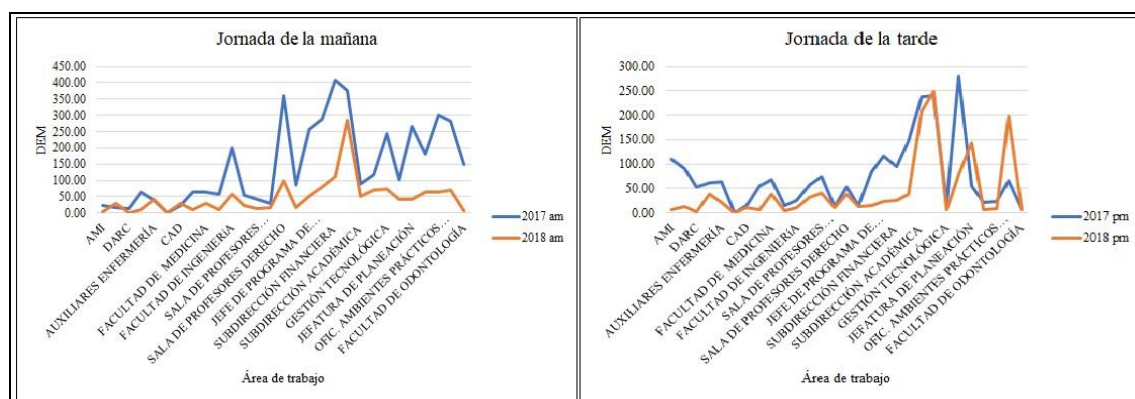
El equipo de investigación identificó los fototipos de la piel de los trabajadores de las oficinas, habiendo determinado que menos del 1% de los 48 casos individuales estudiados correspondió con el fototipo I, el 45% correspondieron con el fototipo II, el 38% al fototipo III y el 14% al fototipo IV y el 2% con el fototipo V; lo cual permitió aceptar el hecho de haber aplicado

el valor de una [DEM/hora] correspondiente al fototipo de piel tipo II como de referencia según lo explicado por el IDEAM (IDEAM, 2014).

### Determinación del nivel riesgo por RUVS

Al comparar los índices de exposición IUV, se estableció que los valores de las radiaciones solares registradas no fueron similares año con año; en el año 2017 se registraron niveles de radiación solar más altos que en 2018, ello debido a la natural variabilidad climática ocurrida durante los periodos referenciados. Sin embargo, se observó un cierto paralelismo entre niveles de intensidad de la RUVS en ciertas áreas de trabajo, lo cual determinó un nivel del riesgo similar en esos espacios (**Figura 3**).

**Figura 3.** Paralelismo de las DEM interanuales.



**Fuente:** Esta investigación.

Las diferencias en las lecturas de la potencia de la radiación incidente tuvieron implicaciones en los cálculos de la DEM y al hacer la valoración del nivel de riesgo de IUV, se agruparon los datos en los rangos de peligrosidad establecidos por la norma, haciendo que las calificaciones en cada oficina correspondan según reciben una mayor incidencia de la RUVS.

### Estimación de la peligrosidad

Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de la ocurrencia del riesgo y sus consecuencias tal como se explicó con la **Ecuación 1**. A su vez, conforme lo establece la GTC-45:2012, la valoración del nivel de la probabilidad de ocurrencia del riesgo implica la utilización de la **Ecuación número 2**, la cual conlleva estimar el nivel de deficiencia y el nivel de

exposición al riesgo, de este modo y con el fin de configurar una línea de base para la determinación del riesgo en el campus universitario, se decidió tomar la cualificación del IUV en concordancia con el valor más alto de las DEM/h estimadas en cada sección de trabajo, en uno u otro año de los dos periodos estudiados, de acuerdo con la clasificación de la peligrosidad de la IUV expuesta en la **Tabla 2**.

### **Ecuación 2. Fórmula de cálculo del Nivel de Probabilidad.**

$$NP = ND * NE$$

Donde:

NP = nivel de probabilidad.

ND = nivel de deficiencias.

NE = Nivel de exposición.

**Fuente:** (ICONTEC, 2010).

Para estimar el nivel de deficiencia se consideró la ausencia de controles que mitiguen el riesgo de la incidencia de la radiación UV en los puestos de trabajo, de modo que esta estimación se realizó con base en los siguientes criterios de valoración:

- Se omitió el nivel de deficiencia bajo, por cuanto que en todas las oficinas estudiadas se detectó algún nivel de IUV por tanto existe algún nivel de consecuencia.
- Se calificó como nivel de deficiencia medio con calificación de 2, cuando el IUV es bajo y la DEM/h es menor a 135,5; por cuanto que el peligro efectivamente está presente y sus implicaciones tienen consecuencias poco significativas.
- Se calificó como nivel de deficiencia alto con calificación de 6, cuando el IUV es moderado y cuya DEM/h sea mayor a 135,6 y menor a 271 ya que el peligro existente puede dar lugar a consecuencias significativas.

- Se calificó como nivel de deficiencia muy alto con calificación de 10, cuando el IUV es moderado y cuya DEM/h sea mayor a 271,1; debido a que el peligro está presente y puede dar a lugar la generación de consecuencias muy significativas.

El nivel de exposición se calificó confeccionando una escala con cuatro intervalos, definidos a partir del máximo valor de la DEM/h, recordando que el fototipo predominante en el conjunto de los trabajadores es II; que la jornada laboral es de 8 horas/día en la cual hay en cantidad variable de exposición a la ERI; que la variación en la cantidad de ERI también depende de la condición climática prevalente; que la DEM es acumulativa en el tiempo y que la DEM/h de referencia es la máxima registrada en cada sección de trabajo por separado y para todos los días observados:

- Exposición esporádica con valor de 1, cuando el valor de la DEM/h máxima es menor a 102.
- Exposición ocasional con valor de 2, para las secciones de trabajo cuya estimación de la DEM/h máxima está entre 103 y 203.
- Exposición frecuente con valor de 3, en las oficinas en las que la DEM/h es superior a 204 y menor a 305.
- Exposición continua con valor de 4, en las oficinas en las que la DEM/h es superior a 306 y menor a 407 que es la DEM/h máxima registrada.

Es así como se confecciona la **Tabla 7** en la que se expone la valoración del nivel de probabilidad (NP) obtenida con la aplicación de la **Ecuación 2**. En ella se consolida la observación para 29 oficinas, de las cuales cuatro (13%) reportan un NP en la categoría de “muy alto” definida por la GTC-45 y que implica una condición deficiente con exposición continua al riesgo; seis (21%) en la categoría de “alto” que describe a una condición deficiente con exposición frecuente u ocasional al riesgo y 19 (66%) en la categoría “bajo que explica a una situación mejorable con exposición ocasional. El estudio no reporta casos en la categoría medio.

## El nivel de consecuencia

Explica la GTC-45, que para establecer el nivel de riesgo es necesario el cálculo del nivel de sus consecuencias y por tanto considerar que la dosis eritémica mínima, al depender de la ERI está asociada al IUV, de modo que cuando el valor máximo de la ERI es de 199 [DEM/hora], el rango de exposición se encontraría en los niveles 1 y 2 que con un bajo riesgo de exposición y una calificación valorada en 10 atribuible a un nivel de consecuencias “leve”, cuyos máximos efectos no implicarían lesiones, o lesiones que no requerirían incapacidad y para los cuales tampoco es necesaria la implementación de dispositivos de protección (ICONTEC, 2012).

**Tabla 7: Nivel de Probabilidad del riesgo.**

Área de trabajo	DEM/h Máx.	IUV Máx.	ND	NE	NP			
AMI	21,44	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Mercadeo	27,60	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
DARC	12,35	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Bienestar universitario	64,32	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Auxiliares enfermería	40,63	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
ICETEX	1,37	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
CAD	27,94	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Clínica odontológica	64,32	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Facultad de medicina	64,32	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
INDESCO	57,29	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Facultad de ingeniería	201,03	Moderada	6	Alto	2	Ocasional	12	Alto
Decanatura de ingeniería	56,83	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Sala de profesores ingeniería	42,54	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Centro de idiomas	29,33	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Sala de profesores derecho	361,92	Moderada	10	Muy alto	4	Continua	40	Muy alto
Decanatura de derecho	86,96	Baja	2	Alto	1	Esporádica	2	Bajo
Jefe de programa de derecho	255,92	Moderada	6	Alto	3	Frecuente	18	Alto
Jefe de autoevaluación y acreditación	286,45	Moderada	10	Muy alto	3	Frecuente	30	Muy alto
Subdirección financiera	406,52	Moderada	10	Muy alto	4	Continua	40	Muy alto

Director sede pasto	375,94	Moderada	10	Muy alto	4	Continua	40	Muy alto
Subdirección académica	90,05	Baja	2	Medio	1	Esporádica	2	Bajo
Gestión humana	116,47	Baja	2	Medio	2	Ocasional	4	Bajo
Gestión tecnológica	243,57	Moderada	6	Alto	3	Frecuente	18	Alto
Comunicaciones internacionalización egresados	103,26	Baja	2	Medio	2	Ocasional	4	Bajo
Jefatura de planeación	267,24	Moderada	6	Alto	3	Frecuente	18	Alto
Sala de investigadores de medicina	179,76	Baja	2	Medio	2	Ocasional	4	Bajo
Ambientes prácticos de aprendizaje	300,00	Moderada	6	Muy alto	3	Frecuente	18	Alto
Biblioteca área de lectura	280,45	Moderada	6	Muy alto	3	Frecuente	18	Alto
Facultad de odontología	148,20	Baja	2	Medio	2	Ocasional	4	Bajo

Fuente: Esta investigación.

Cuando el valor máximo de la ERI es superior a 200 [DEM/hora], el rango de exposición es amplio entre los niveles del 3 al 15+ en el que el riesgo de exposición varía de moderado a extremadamente alto. En esta circunstancia, el nivel de consecuencias más alto atribuible es el de “grave”, con una calificación de 25, que se ha asignado a los casos en los que la DEM podría implicar enfermedades causantes de “lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal” (ICONTEC, 2012).

De este modo se procedió entonces a calificar el nivel de consecuencias de la manera como se describe en la **Tabla 8**.

### Determinación del nivel de riesgo

Para calcular el nivel de riesgo, se ha aplicado la **Ecuación 1** que implica al nivel de probabilidad con el nivel de consecuencias en proporción directa.

**Tabla 8. Nivel de Riesgo de las secciones de trabajo.**

Área de trabajo	DEM/h	IUV Máxima	NP	NC	NR		
AMI	21,44	Baja	2	Bajo	10	20	IV
ICETEX	1,37	Baja	2	Bajo	10	20	IV
DARC	12,35	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Mercadeo	27,60	Baja	2	Bajo	10	20	IV
CAD	27,94	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Centro de idiomas	29,33	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Auxiliares enfermería	40,63	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Sala de profesores ingeniería	42,54	Baja	2	Bajo	10	20	IV

Área de trabajo	DEM/h	IUV Máxima	NP	NC	NR		
Decanatura de ingeniería	56,83	Baja	2	Bajo	10	20	IV
INDESCO	57,29	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Bienestar universitario	64,32	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Clínica odontológica	64,32	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Facultad de medicina	64,32	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Decanatura de derecho	86,96	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Subdirección académica	90,05	Baja	2	Bajo	10	20	IV
Comunicaciones internacionalización egresados	103,26	Baja	4	Bajo	10	40	IV
Gestión humana	116,47	Baja	4	Bajo	10	40	IV
Facultad de odontología	148,20	Baja	4	Bajo	10	40	IV
Sala de investigadores de medicina	179,76	Baja	4	Bajo	10	40	IV
Facultad de ingeniería	201,03	Moderada	12	Alto	25	300	III
Gestión tecnológica	243,57	Moderada	18	Alto	25	450	II
Jefe de programa de derecho	255,92	Moderada	18	Alto	25	450	II
Jefatura de planeación	267,24	Moderada	18	Alto	25	450	II
Biblioteca área de lectura	280,45	Moderada	18	Alto	25	450	II
Jefe de autoevaluación y acreditación	286,45	Moderada	30	Muy alto	25	750	I
Ambientes prácticos de aprendizaje	300,00	Moderada	18	Alto	25	450	II
Sala de profesores derecho	361,92	Moderada	40	Muy alto	25	1000	I
Director campus Pasto	375,94	Moderada	40	Muy alto	25	1000	I
Subdirección financiera	406,52	Moderada	40	Muy alto	25	1000	I

Fuente: Esta investigación.

Habiendo determinado el nivel de riesgo se procedió a su interpretación individual, para lo cual la norma ofrece dos parámetros: el significado del nivel de riesgo y la aceptabilidad del riesgo, cuya función es apoyar la toma de decisiones sobre si adoptar o no mecanismos de control, prerrogativa que corresponde a la dirección de la Universidad.

**Tabla 9. Interpretación del riesgo.**

Área de trabajo	NR	Significado del Nivel de Riesgo	Aceptabilidad del riesgo
AMI	20 IV	Mantener control	Aceptable
ICETEX	20 IV	Mantener control	Aceptable
DARC	20 IV	Mantener control	Aceptable
Mercadeo	20 IV	Mantener control	Aceptable
CAD	20 IV	Mantener control	Aceptable
Centro de idiomas	20 IV	Mantener control	Aceptable
Auxiliares enfermería	20 IV	Mantener control	Aceptable
Sala de profesores ingeniería	20 IV	Mantener control	Aceptable
Decanatura de ingeniería	20 IV	Mantener control	Aceptable
INDESCO	20 IV	Mantener control	Aceptable



Bienestar universitario	20	IV	Mantener control	Aceptable
Clínica odontológica	20	IV	Mantener control	Aceptable
Facultad de medicina	20	IV	Mantener control	Aceptable
Decanatura de derecho	20	IV	Mantener control	Aceptable
Subdirección académica	20	IV	Mantener control	Aceptable
Comunicaciones internacionalización egresados	40	IV	Mantener control	Aceptable
Gestión humana	40	IV	Mantener control	Aceptable
Facultad de odontología	40	IV	Mantener control	Aceptable
Sala de investigadores de medicina	40	IV	Mantener control	Aceptable
Facultad de ingeniería	300	III	Mejorar condición	Mejorable
Gestión tecnológica	450	II	Corrección inmediata	No aceptable
Jefe de programa de derecho	450	II	Corrección inmediata	No aceptable
Jefatura de planeación	450	II	Corrección inmediata	No aceptable
Biblioteca área de lectura	450	II	Corrección inmediata	No aceptable
Jefe de autoevaluación y acreditación	750	I	Situación crítica Intervención urgente	No aceptable
Ambientes prácticos de aprendizaje	450	II	Corrección inmediata	No aceptable
Sala de profesores derecho	1000	I	Situación crítica Intervención urgente	No aceptable
Director campus Pasto	1000	I	Situación crítica Intervención urgente	No aceptable
Subdirección financiera	1000	I	Situación crítica Intervención urgente	No aceptable

**Fuente:** Esta investigación.

## Discusión

El estudio abarcó a un total de 84 puestos individuales de trabajo, distribuidos en 29 secciones ubicadas en dos bloques arquitectónicos: A y B, de los cuales el bloque A tiene 5 pisos y el bloque B, 6. En estos espacios de trabajo, el nivel de riesgo, su significado y su aceptabilidad se determinaron por secciones, de manera que independientemente del número de trabajadores presentes en cada una de ellas, el riesgo los implicó a todos igualmente, pues se ha determinado el nivel de riesgo para cada sección y no para cada puesto de trabajo.

**Tabla 10. Personas y secciones implicadas en el riesgo.**

Área de trabajo	NR	Aceptabilidad del NR	Cantidad personas	Ubicación	Sección	Bloque
CAD	IV	Aceptable	2	Piso 0	Administración	B
Clínica odontológica	IV	Aceptable	6	Piso 1	Académico	A
Facultad de odontología	IV	Aceptable	4	Piso 1	Administración	A
ICETEX	IV	Aceptable	1	Piso 1	Administración	B
DARC	IV	Aceptable	3	Piso 1	Administración	B
Auxiliares enfermería	IV	Aceptable	2	Piso 1	Administración	B
Bienestar universitario	IV	Aceptable	4	Piso 1	Servicios	B
Biblioteca área de lectura	II	No aceptable	3	Piso 2	Servicios	A
Ambientes prácticos de aprendizaje	II	No aceptable	2	Piso 2	Servicios	A
INDESCO	IV	Aceptable	2	Piso 3	Académico	A
Sala de investigadores de medicina	IV	Aceptable	6	Piso 3	Académico	A
Gestión tecnológica	II	No aceptable	4	Piso 3	Servicios	A
Facultad de medicina	IV	Aceptable	5	Piso 3	Administración	B
Comunicaciones internacionalización egresados	IV	Aceptable	2	Piso 3	Servicios	B
Decanatura de derecho	IV	Aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Subdirección académica	IV	Aceptable	4	Piso 4	Administración	A
Gestión humana	IV	Aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Jefe de programa de derecho	II	No aceptable	2	Piso 4	Administración	A
Jefatura de planeación	II	No aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Jefe de autoevaluación y acreditación	I	No aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Director campus Pasto	I	No aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Subdirección financiera	I	No aceptable	1	Piso 4	Administración	A
Centro de idiomas	IV	Aceptable	6	Piso 4	Académico	B
Sala de profesores ingeniería	IV	Aceptable	4	Piso 4	Académico	B
Decanatura de ingeniería	IV	Aceptable	1	Piso 4	Administración	B
Facultad de ingeniería	III	Mejorable	3	Piso 4	Administración	B
Sala de profesores derecho	I	No aceptable	6	Piso 5	Académico	A
AMI	IV	Aceptable	2	Piso 1	Servicios	B
Mercadeo	IV	Aceptable	4	Piso 1	Administración	B

Fuente: Esta investigación.

Las secciones se definieron en tres grupos los cuales se refieren tanto a la función ocupacional del trabajo como al espacio físico destinado para realizar la dinámica de la tarea: el grupo de administración; tiene que ver con el tipo de labores propias de la dirección y gestión necesarias para el adecuado cumplimiento del objeto estratégico de la Universidad en el campus Pasto, pero que además, sus oficinas tienen tendencia a ser agrupadas en ciertas áreas específicas de los edificios; por ejemplo, el piso 1 del bloque B alberga a 5 estaciones con funciones administrativas y el piso 4 del bloque A, a 8 de ellas, a excepción de las decanaturas y las facultades, que se dispersan en los bloques y sus pisos inmersos en los espacios de docencia los que no fueron considerados en éste estudio.

La sección académica corresponde con oficinas que tienen trabajadores permanentes dedicados al adecuado cumplimiento del objeto misional de la universidad y van dirigidas a la comunidad universitaria del campus.

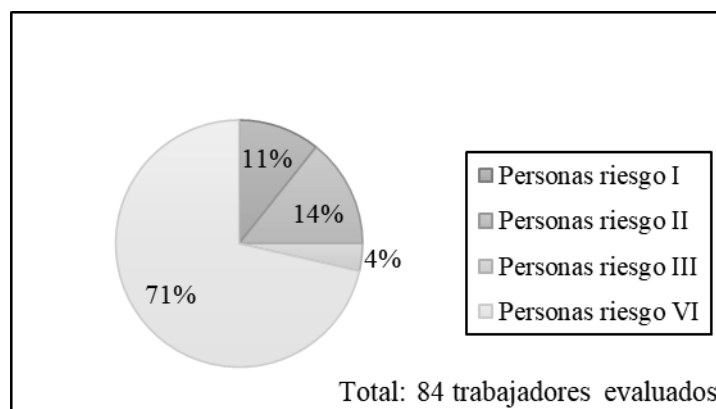
La sección servicios, que se ocupa de prestar su cooperación en actividades tanto académicas como de la convivencia de la comunidad universitaria al igual que del mantenimiento y logística de las demás actividades.

Tal agrupación ha permitido observar la manera como se distribuye el riesgo, las secciones de trabajo, las personas a las que involucra y su ubicación. En el bloque A están instaladas 16 estaciones que contienen a 45 trabajadores; en el bloque B existen 13 estaciones que albergan a 39 trabajadores. La sección administrativa ocupa a un total de 37 trabajadores, la sección académica a 30 y la sección servicios a 17; para un total de 84 trabajadores.

El riesgo se encuentra distribuido, exponiendo al nivel I a 9 trabajadores; al nivel II a 12; al nivel III a 3 y al nivel IV a 60; esto representa que el 25% de los trabajadores, 21 trabajadores, están expuestos a un nivel no aceptable de riesgo (I o II) por RUVS en el 31% de las secciones

evaluadas y que el 43% de estos trabajadores (9 trabajadores), están expuestos a una situación considerada crítica por la norma.

**Figura 4.** Proporción de personas expuestas por nivel de riesgo por RUVS.



Fuente: Esta investigación.

El riesgo se encuentra distribuido, exponiendo al nivel I a 9 trabajadores; al nivel II a 12; al nivel III a 3 y al nivel IV a 60; esto representa que el 25% de los trabajadores, 21 trabajadores, están expuestos a un nivel no aceptable de riesgo (I o II) por RUVS en el 31% de las secciones evaluadas y que el 43% de estos trabajadores (9 trabajadores), están expuestos a una situación considerada crítica por la norma.

Al analizar la distribución del nivel de riesgo (**Tabla 11**) se observa que la mayor concentración de personas involucradas que fueron calificadas con NR I y II, se ubican entre los pisos 2 a 5 del bloque A; mientras que el bloque B no se reportan esos niveles de riesgo.

**Tabla 11.** Distribución del NR en el campus.

Expuestos	Nivel de riesgo			
	I	II	III	IV
Personas piso 1 A	10			10
Personas piso 2 A	5	5		
Personas piso 3 A	12	4		8
Personas piso 4 A	12	6		6
Personas piso 5 A	6	6		
<b>Subtotal A</b>	<b>45</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
Personas piso 0 B	2			2
Personas piso 1 B	16			16
Personas piso 2 B	0			
Personas piso 3 B	7			7
Personas piso 4 B	14		3	11
Personas piso 5 B	0			

Personas piso 6 B	0				
Subtotal B	39	0	0	3	36
Totales	84	12	9	3	60

Fuente: Esta investigación.

Surge el caso de la oficina de la facultad de ingeniería ubicada en el piso 4 del bloque B, que expone un NR de III cuyo significado y aceptabilidad implican el mejoramiento de la condición actual y siendo que se trata del único caso identificado en este nivel, el mecanismo de control que se dé podría ser también atendido individualmente.

El NR IV involucra a 60 trabajadores distribuidos en 19 oficinas en los bloques A y B, tiene la característica de agrupar a una mayor proporción de su población (28 trabajadores y 9 secciones) en el piso 1 de los dos bloques, lo cual es entendible por cuanto que debido al diseño arquitectónico del edificio, tienen una menor insolación que los demás pisos de los edificios; no obstante los pisos 3 y 4 de los dos bloques agrupan a 32 trabajadores de 10 secciones en su mayoría instaladas en el bloque B, lo que también permite considerar que el bloque B tiene, por su alineación oriente-occidente, una menor exposición interior a la RUVS que el bloque A que se orienta 23° noreste-suroeste.

Otro punto de vista para el análisis del impacto del NR, es observar la concentración del riesgo en las secciones de trabajo. En la **Tabla 12** puede apreciarse que los casos que registran el NR I, se distribuyen en las secciones de administración y académico del bloque A; de modo que al particularizar las secciones puede notarse que las 6 personas de la sección académica están ubicadas en una misma oficina en el 5° piso (**Tabla 10**) y que las 6 personas de la sección administración están distribuidas en cinco estaciones de trabajo de las cuales cuatro están en agrupadas en una misma área del 4° piso.

**Tabla 12. Distribución del NR por secciones de trabajo.**

Bloque	Expuestos	Nivel de riesgo			
		I	II	III	IV
A	Personas administración	16	6		10
	Personas académico	20	6		14
	Personas servicios	9	9		
<b>Subtotal</b>		<b>45</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>0 24</b>
B	Personas administración	21		3	18
	Personas académico	10			10
	Personas servicios	8			8
<b>Subtotal</b>		<b>39</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3 36</b>

Fuente: Esta investigación.

Por su parte la distribución de las estaciones de trabajo con exposición al NR II se ubican dos en el piso 2° y una en el piso 3°, todas separadas unas de otras. En cuanto al NR IV, la mayoría de los casos se concentran en secciones de trabajo de administración y académico.

### Establecimiento de controles del riesgo

La GTC-45:2012 recomienda tres criterios para apoyar las decisiones para priorizar la implementación de las medidas de intervención necesarias para la mitigación del riesgo, en su orden: El número de trabajadores expuestos, la peor consecuencia y la existencia de un requisito legal asociado.

Para administrar la implementación de las anteriores medidas de control conforme a los tres criterios recomendados por la norma, se elaboró la **Tabla 13**, en la que se han organizado las áreas de trabajo de acuerdo con tres niveles de prioridad según estén: 1- ubicadas en el bloque A o en el bloque B; 2- distribuidas según el piso en que estén localizadas; y 3- agrupadas según su concentración en una o varias oficinas, de modo que se denominaron “secciones comunes” cuando el área de trabajo es arquitectónicamente independiente aunque pueda contener a uno o varios trabajadores y “sección colectiva” cuando el espacio arquitectónico agrupa a varias oficinas cada una con uno o varios trabajadores.

**Tabla 13. Concentración del riesgo.**

Área de trabajo	NR	Personas Expuestas	Piso	Bloque	Concentración de oficinas	Expuestos por sección	Medida de intervención
Clínica odontológica	IV	6	Piso 1	A	Común	6	1*
Facultad de odontología	IV	4	Piso 1	A	Común	4	2
Biblioteca área de lectura	II	3	Piso 2	A	Común	3	1
Ambientes prácticos de aprendizaje	II	2	Piso 2	Bloque A	Común	2	1
INDESCO	IV	2	Piso 3	A	Común	2	2
Sala de investigadores de medicina	IV	6	Piso 3	A	Común	6	2
Gestión tecnológica	II	4	Piso 3	A	Común	4	1
Decanatura de derecho	IV	1	Piso 4	A	Colectiva	3	1
Jefe de programa de derecho	II	2	Piso 4	A			
Subdirección académica	IV	4	Piso 4 Bloque A		Colectiva	9	1
Gestión humana	IV	1					
Jefatura de planeación	II	1					
Jefe de autoevaluación y acreditación	I	1					
Director campus Pasto	I	1					
Subdirección financiera	I	1					
Sala de profesores derecho	I	6	Piso 5	A	Común	6	1
CAD	IV	2	Piso 0	B	Común	2	2
ICETEX	IV	1					
DARC	IV	3					
Auxiliares enfermería	IV	2	Piso 1	Bloque B	Colectiva	16	2
Bienestar universitario	IV	4					
AMI	IV	2					
Mercadeo	IV	4					
Facultad de medicina	IV	5	Piso 3	B	Colectiva	5	1*
Comunicaciones internacionalización egresados	IV	2	Piso 3	Bloque B	Común	2	2
Centro de idiomas	IV	6	Piso 4	B	Común	6	2
Sala de profesores ingeniería	IV	4	Piso 4	B	Común	4	1*
Decanatura de ingeniería	IV	1	Piso 4	Bloque B	Colectiva	4	1*
Facultad de ingeniería	III	3					

\* Indica condiciones especiales particulares que hacen conveniente la implementación de la medida de control 1. **Fuente:** Esta investigación.

En la **Tabla 13** también se consideraron los criterios de decisión recomendados por la norma técnica, de modo que aparte de la información sobre la ubicación de las estaciones de trabajo, también se incluyó información sobre: el número de trabajadores agrupados según laboren en oficinas comunes o en oficinas colectivas; el nivel de consecuencias más alto reportado por cualquier área de trabajo incluida en una concentración colectiva de oficinas, por ejemplo en la última fila de la **Tabla 13** se ubican la decanatura y la facultad ingeniería, la primera con NC 10 y la segunda con

NC 25, por tanto para esta concentración colectiva de dos oficinas se ha tomado el NC más alto de 25 como de referencia para los cuatro trabajadores expuestos. El requisito legal asociado se ha considerado a partir de lo reglamentado en el capítulo V de la resolución 2400 de 1979 del Ministerio del trabajo y seguridad social de Colombia (Ministerio de trabajo y seguridad social, 1979).

Sabiendo que las RUVS ingresan al interior de las secciones de trabajo través de las ventanas de la edificación y que tanto su incidencia directa como reflejada provoca algún nivel de exposición al riesgo de los trabajadores, se ha sugerido a la dirección del campus la adopción de dos medidas de control y mitigación, las cuales podrían implementarse de forma individual o combinada: La primera, indicada en la **Tabla 13** como la medida de intervención 1, consiste en instalar sobre la cara interior de la cristalería de los ventanales de las fachadas, un recubrimiento con películas de control solar para ventanas con filtro UV, la cual debería tener capacidad para reflejar el 99.9% de la radiación UV y un 97% de la radiación infrarroja solar incidentes; además, no incorporar en su estructura componentes metálicos o que pudieran interferir en las telecomunicaciones; tener un bajo nivel de resplandor y de producción de reflejos; ser anticorrosiva; garantizar estabilidad y larga vida útil; incorporar un indicador de estanqueidad de las RUVS; y no provocar distorsión de la luminosidad, de la coloración o de la translucidez de los ventanales.

La medida de control número 2 es de tipo adaptativo de los ambientes de trabajo, consiste en reducir la capacidad de reflejo de las superficies arquitectónicas y de mobiliario de las oficinas, tales como opalizar vidrios, incorporar plantas de hojas anchas y el retiro de los vidrios superficiales de los escritorios. La instalación de persianas o cortinas es una medida adaptativa que podría incluirse sin embargo es preferible el ingreso de luz natural suficiente, pues ciertos niveles de radiación solar son beneficiosos.

La **Tabla 13** también indica la administración de las medidas de control conforme con las áreas de concentración de las estaciones de



trabajo, las cuales prioritariamente se han asignado con base en los criterios y consideraciones dictadas por la norma técnica GTC-45:2012; sin embargo acontecen algunos casos particulares: la clínica odontológica, las oficinas de la facultad de medicina, las oficinas de la facultad de ingeniería y la sala de profesores de ingeniería, que pese a que sus lecturas de NR y de NC corresponden con una categoría baja de peligrosidad, los evaluadores optaron por recomendar la implementación de la medida de control 1 en razón a que estas oficinas están orientadas hacia el este, lo cual las expone a la trayectoria solar de la mañana y facilitan el flujo de ERI a través de sus ventanales significativamente amplios, captando abundante luz solar hacia su interior y provocando algunos casos de inconformidad manifiesta en los trabajadores.

Otro aspecto relevante para la administración de las medidas de control alude a la urgencia de su implementación, de este modo como lo describe la **Tabla 10** en la columna “significado del nivel de riesgo”, la intervención técnica de algunos sectores de trabajo implica su corrección inmediata, otras una intervención urgente; y en otras el mantenimiento de las condiciones existentes de modo tal que el riesgo permanezca controlado.

Al relacionar la ubicación de las áreas de trabajo con las medidas de intervención correspondientes (**Tabla 14**), se aprecia que su significancia es coherente con la urgencia de su implementación, propiciando las condiciones adecuadas para la administración de un plan de instalación, el cual deberá incluir la capacitación de los trabajadores, la adopción de nuevas conductas y el reacondicionamiento de muchos espacios de trabajo.

**Tabla 14. Concentración del riesgo.**

Área de trabajo	Ubicación	Bloque	Medida de intervención	Urgencia
Clínica odontológica	Piso 1	A	1*	Mejorar condición
Facultad de odontología	Piso 1	A	2	Mantener
Biblioteca área de lectura	Piso 2	A	1	Corrección inmediata
Ambientes prácticos de aprendizaje	Piso 2	A	1	Corrección inmediata
INDESCO	Piso 3	A	2	Mantener
Sala de investigadores de medicina	Piso 3	A	2	Mantener
Gestión tecnológica	Piso 3	A	1	Corrección inmediata
Decanatura de derecho	Piso 4 Bloque A		1	Corrección inmediata
Jefe de programa de derecho				
Subdirección académica	Piso 4 Bloque A		1	Situación crítica Intervención urgente
Gestión humana				
Jefatura de planeación				
Jefe de autoevaluación y acreditación				
Director campus Pasto				
Subdirección financiera	Piso 5	A	1	Situación crítica Intervención urgente
Sala de profesores derecho				
CAD	Piso 0	B	2	Mantener
ICETEX	Piso 1 Bloque B		2	Mantener
DARC				
Auxiliares enfermería Bienestar universitario AMI				
Mercadeo	Piso 3	B	1*	Mejorar condición
Facultad de medicina				
Comunicaciones internacionalización egresados	Piso 3	B	2	Mantener
Centro de idiomas	Piso 4	B	2	Mantener
Sala de profesores ingeniería	Piso 4	B	1*	Mejorar condición
Decanatura de ingeniería	Piso 4 Bloque B		1*	Mejorar condición
Facultad de ingeniería				

**Fuente:** Esta investigación.

## Conclusiones

En el campus Pasto de la Universidad Cooperativa de Colombia, el 31% de las 29 oficinas a las que se les evaluó el riesgo por exposición a las RUVS tipo A y B, resultaron calificadas con un nivel de riesgo tipo I y II, lo cual quiere decir que el 35% de las 17 secciones común o colectivamente concentradas, son impactadas por altas dosis de ERI de tipo UV de origen solar, generando condiciones de trabajo de alto riesgo para los trabajadores expuestos.

La distribución arquitectónica de las secciones con alto riesgo, se agrupan en seis áreas generales: La biblioteca, la oficina del coordinador de ambientes prácticos de aprendizaje, la sección de gestión tecnológica, la sección de la decanatura de la facultad de derecho, la sala de profesores de la facultad de derecho y toda el área administrativa de la dirección del campus.

Se ha considerado que estas secciones podrían mitigar casi totalmente el nivel de riesgo actual, con la instalación de un recubrimiento sintético de control solar con filtro UV para la cara interna de sus ventanales exteriores. También se ha sugerido la instalación adicional de la misma medida control en los ventanales exteriores de la clínica de odontología, la sección de la facultad de medicina, la sala de profesores de la facultad de ingeniería y la sección de la decanatura de ingeniería. Es decir que se intervendrían con esta medida de control a un total 10 secciones que contienen a 46 trabajadores en 17 oficinas, lo que representa al 55% de la población involucrada en la investigación.

El impacto en la probabilidad y en el nivel de riesgo provocado por la incidencia de la RUVS no tienen interacciones de dependencia o de causalidad con otros factores distintos a la radiación solar. Por otra parte, el impacto en la probabilidad y en el nivel de riesgo provocado por la incidencia de la RUVS podría relacionarse con eventos de discomfort térmico por calor ambiental, al haberse identificado similitudes en la tendencia de las quejas por calor en el 63% de las oficinas estudiadas, pero este paralelismo no explica ninguna interacción entre factores de riesgo diferentes a la RUVS.

La medición de la ERI para estimar la DEM/hora y consecuentemente el IUV, aplicó una metodología apropiada para la determinación del nivel de riesgo por RUVS en ambientes de trabajo en el interior de las oficinas y es concordante con la GTC-45:2012.

La evaluación del riesgo realizada permite identificar las oficinas que requieren intervención y la toma de decisiones de tipo administrativo y de ingeniería para la gestión del riesgo.

## Referencias

BENAVIDES, H. **Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice UV y su pronóstico**. Nota técnica del IDEAM - IDEAM–METEO/001-20102010. Acceso en: 15 de diciembre de 2020. Disponible: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaUVPaginaWEBfinal.pdf>.

BENEDETTI, J. **Reacciones de fotosensibilidad. (MSD, Editor)**. Manual MSD Inventig for life, 2022. Acceso en: 10 de febrero de 2022. Disponible: <https://www.msmanuals.com/es-co/hogar/trastornos-de-la-piel/radiaci%C3%B3n-solar-y-lesiones-de-la-piel/reacciones-de-fotosensibilidad#>.

BENGT, K. (2012). **Radiaciones no ionizantes**. Instituto de seguridad y salud en el trabajo de España, 2012. Capítulo 49. Acceso en: 5 de febrero de 2017. Disponible: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+49.+Radiaciones+no+ionizantes>.

CABRERA, R. **Desarrollo de un vidrio de control solar**. Tesis de grado de maestría en ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León. 1999. Acceso en: 5 de abril de 2021. Disponible: <http://eprints.uanl.mx/7444/1/1020129168.PDF>.

CABRERA, S.; LISSI, E.; HONEYMAN, J. **Radiación ultravioleta y salud**. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria SA. 2005. Acceso en: 5 de febrero de 2017. Disponible: [https://books.google.com.co/books?id=KrUfTWbIPhMC&printsec=frontcover&dq=Radiaci%C3%B3n+ultravioleta+y+salud&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Radiaci%C3%B3n%20ultravioleta%20y%20salud&f=false](https://books.google.com.co/books?id=KrUfTWbIPhMC&printsec=frontcover&dq=Radiaci%C3%B3n+ultravioleta+y+salud&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Radiaci%C3%B3n%20ultravioleta%20y%20salud&f=false).

DEIRY, M.; DEL POZO, A. Fototipos cutáneos. **Farmacia práctica**, v. 24, n. 5, p. 136 – 137, 2005.

EPA. **Cómo calcular el índice UV**. Acceso en: 02 de marzo de 2019. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2019. Disponible: <https://espanol.epa.gov/espanol/como-calcular-el-indice-uv>.

ICONTEC. **Guía técnica colombiana GTC-45**. Acceso en: 4 de mayo de 2021. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, 2010. Disponible: <https://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf>.

ICONTEC. **Guía Técnica Colombiana GTC-45**. Acceso en: 2 de marzo de 2017. Guía Técnica Colombiana - GTC-45, 2012. Disponible: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6034/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf;jsessionid=0F94AD4D1E4152CE0B157BD9F6278CB4?sequence=2>.

IDEAM. **Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice UV y su pronóstico, Colombia.** 2010. Acceso en: 10 de abril de 2018. Disponible:

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaUVPaginaWEBfinal.pdf>.

IDEAM. **IUV Índice de radiación ultravioleta.** Tiempo y clima, 2014. Acceso en: 2 de marzo de 2020. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/indice-ultravioleta-iuv->

IDEAM. **Consulta y descarga de datos hidrometeorológicos.** 2017. Acceso en: 5 de marzo de 2017. Disponible: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

IDEAM. (s/f). **Clima:** Climatografía de la principales ciudades. Acceso en: 19 de septiembre de 2018. Disponible: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/pasto/pasto.htm>.

MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. **Se confeccionaron cuatro intervalos establecidos a partir del máximo valor de la DEM/h.** Resolución 2400 de 1979, 1979. Acceso en: 2 de marzo de 2022, Disponible: <https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>.

MORA, M.; OLIVARIS, A.; GONZÁLEZ, T.; CASTRO, I. (2010). El sol: ¿enemigo de nuestra piel? **Medisan**, v. 6, n. 14, p. 825 – 837, 2010.

NIH. **¿Qué es la radiación ultravioleta (UV)?** Instituto Nacional del Cancer de Estados Unidos, 2017. Acceso en: 15 de agosto de 2018. Disponible: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/radiacion-ultravioleta>.

OROZCO, P.; VÁSQUEZ, S.; VANEGAS, B.; RIVERA, C. (2013). Prevalencia de queilitis actínica en trabajadores expuestos a radiación ultravioleta en Talca, Chile. **Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral**, v. 6, n. 3, p. 127- 129.

PEREZ, A. *et al.* (2014). Determinación de la dosis eritemática mínima y reacciones anómalas a radiación ultravioleta A según fototipo. **Actas Dermo-Sifiliográficas**, v. 105, n. 8, p. 780, 2014. DOI: [10.1016/j.ad.2014.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ad.2014.05.001).

RIVAS, M.; ROJAS, E.; MÉNDEZ, J.; CONTRERAS, G. Dosis eritemicas, Sobreexposición a la radiación solar ultravioleta y su relación con el cáncer de piel en Arica, Chile. **Interciencia**, v. 39, n. 7, p. 506-510, 2014.

SÁNCHEZ, G.; NOVA, J. Confiabilidad y reproducibilidad de la escala de fototipos de Fitzpatrick antes y después de un ejercicio de estandarización clínica. **Biomedica**, v. 28, n.4, p. 544, 2008. doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v28i4.59>.

SANTAMARÍA, J. (2010). Forzamiento radiativo y cambios en la química de la atmósfera. (F. y. Real Academia de Ciencias Exactas, Ed.) **Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España**, v. 104, n. 1, p. 149 – 173, 2010.

SORDO, C.; GUTIERREZ, C. Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cancer de piel y melanoma. **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública**, v. 30, n1, p 113-117, 2013.

UPME - IDEAM. **Atlas interactivo de radiación solar de Colombia**. (IDEAM, Editor). Unidad de Planeación Mionero Energética - Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2005. Acceso en: 15 de febrero de 2018. Disponible: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.

VALVUENA, M.; NOVA, J.; SÁNCHEZ, G. (2020). Dosis de eritema mínimo: correlación con el tipo de piel de Fitzpatrick y concordancia entre métodos de evaluación del eritema en una muestra de pacientes en Colombia. **Actas Dermo-Sifiliográficas**, v. 111, n. 5, p. 390-397, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2019.12.003>.