



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO TEXTIL**

**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO TEXTIL INTELIGENTE
PARA EL MONITOREO DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y LA
SOBREEXPOSICIÓN SOLAR”**



AUTOR: Tuquerrez Roldan Elvis Orlando

DIRECTOR: MSc. Lara Castro Lenin Omar

Ibarra-Ecuador

2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte, dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento, dejo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE CIUDADANIA	1005042906		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tuquerrez Roldan Elvis Orlando		
DIRECCIÓN:	Cotacachi, Comunidad La Calera - Calle número 5		
EMAIL:	eotuquerrezr@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-	TELÉFONO MÓVIL	0967725136

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un prototipo textil inteligente para el monitoreo de radiación ultravioleta y la sobreexposición solar.
AUTOR:	Tuquerrez Roldan Elvis Orlando
FECHA:	23 de febrero del 2026
PROGRAMA:	Grado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Textil
DIRECTOR:	MSc. Lara Castro Lenin Omar

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Tuquerrez Roldan Elvis Orlando**, con cédula de identidad Nro. **100504290-6**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de Integración Curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero de 2026.

EL AUTOR:

Nombre: Tuquerrez Roldan Elvis Orlando

C.I. 1005042906

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero de 2026.

EL AUTOR:

Nombre: Tuquerrez Roldan Elvis Orlando

C.I. 1005042906

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero de 2026.

MSc. Lara Castro Lenin Omar

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

MSc. Lara Castro Lenin Omar
C.C.: 1002748125

MSc. Naranjo Toro Marco Francisco
C.C.: 170687046

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular “Desarrollo de un prototipo textil inteligente para el monitoreo de radiación ultravioleta y la sobreexposición solar”, elaborado por Tuquerrez Roldan Elvis Orlando, previo a la obtención de título de INGENIERO TEXTIL, aprueba el siguiente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

MSc. Lara Castro Lenin Omar
C.C.: 1002748125

MSc. Naranjo Toro Marco Francisco
C.C.: 170687046

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi madre Maria Yolanda Roldan Quinchiguango que siempre me ha apoyado en las buenas y en las malas para poder lograr ser ingeniero.

Con mucho amor y cariño, Elvis.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar un inmenso agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este proceso, comenzando por mis padres José y Yolanda, quienes con su amor incondicional y ejemplo constante de perseverancia me brindaron el soporte necesario para alcanzar esta meta; del mismo modo, quiero mencionar a mis hermanas por su compañía y aliento en cada etapa, en especial a mi hermana menor, cuya presencia ha sido una alegría incondicional en mi vida, asimismo, agradezco profundamente a mis amigos de la universidad, pues con su colaboración y ánimo convirtieron este camino en una experiencia inolvidable.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias para formarme como profesional y cumplir este gran objetivo de vida.

Tuquerrez Roldan Elvis Orlando

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar y validar un prototipo textil inteligente tipo chaleco para el monitoreo en tiempo real de la radiación ultravioleta, con la finalidad de prevenir la sobreexposición solar en operarios del sector florícola, fundamentándose en la insuficiencia de los protocolos de seguridad básicos frente a riesgos dermatológicos acumulativos. Metodológicamente, el estudio se rigió por un enfoque mixto de alcance experimental y descriptivo. Para la construcción del prototipo, se seleccionó un textil compuesto por un núcleo de policloropreno (neopreno) y recubrimiento de tejido de punto en poliéster, con un espesor total de 1,9 mm y una densidad por unidad de área de 484,8 g/m², debido a su estabilidad dimensional para el alojamiento de componentes. Se integró un sensor analógico GUVVA-S12SD (rango espectral 200-370 nm) y un microcontrolador ESP32, cuyo diseño de patrones se optimizó mediante el software Audaces, priorizando la ergonomía. El procesamiento de la información se realizó mediante una aplicación móvil diseñada en Android Studio, configurada para emitir alertas visuales en función del Índice UV y el registro de datos en archivos tipo CSV que fueron utilizados en el análisis estadístico ANOVA y Tukey, permitiendo determinar diferencias significativas ($F = 343,4$; $p < 6,496E-7$) entre los horarios laborales establecidos (A, B, C), identificando al rango horario B (12:00 – 13:00) como la ventana de máxima peligrosidad respecto a la radiación solar, con una media de 11,94 IUV. De manera adicional, la evaluación cualitativa bajo la norma ISO/IEC 25010 registró una aceptación del 100% en los criterios de utilidad y conciencia del riesgo, hallazgo que posiciona a la integración de tecnología vestible como una estrategia de prevención técnica más firme frente a los métodos convencionales.

Palabras claves: Textiles inteligentes, radiación UV, electrónica, monitoreo en tiempo real, sensores UV.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and validate a smart textile prototype (vest type) for real-time monitoring of ultraviolet radiation, aimed at preventing solar overexposure in workers of the floriculture sector, based on the insufficiency of basic safety protocols against cumulative dermatological risks. Methodologically, the study followed a mixed approach with an experimental and descriptive scope, selecting for the prototype construction a composite textile consisting of a polychloroprene core (neoprene) and a polyester knit fabric coating, with a total thickness of 1.9 mm and an areal density of 484.8 g/m², due to its dimensional stability for component housing. The system integrated a GUVA-S12SD analog sensor (spectral range 200-370 nm) and an ESP32 microcontroller, while the pattern design was optimized using Audaces software, prioritizing ergonomics. Information processing was carried out through a mobile application designed in Android Studio, configured to emit visual alerts based on the UV Index and to log data in CSV files. These data were used in the statistical analysis (ANOVA and Tukey test), allowing the determination of significant differences ($F = 343.4$; $p < 6,496E-7$) between the established work schedules (A, B, C), characterizing the time range B (12:00 – 13:00) as the window of maximum hazard regarding solar radiation, with a mean of 11.94 UVI. Complementarily, the qualitative evaluation under the ISO/IEC 25010 standard registered a 100% acceptance rate in the utility and risk awareness criteria, a finding that positions the integration of wearable technology as a technical prevention strategy that is more robust than conventional methods.

Keywords: Smart textiles, UV radiation, electronics, real-time monitoring, UV sensors.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos.	2
1.3 Alcance	2
1.4 Justificación	3
1.5 Características del sitio del proyecto.	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Estudios previos.	8
2.2.1 Efectos de la radiación ultravioleta.....	8
2.2.2 Factores que aumentan la intensidad de la radiación ultravioleta.....	9
2.2.3 Medidas preventivas que fomentan el cuidado de la salud ante la radiación solar...	10
2.2.4 Monitoreo en tiempo real mediante el uso de sensores de radiación UV.	12
2.2.5 Implementación de sensores en textiles	12
2.3 Marco legal	13

2.3.1	Constitución de la República del Ecuador	13
2.3.2	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	14
2.4	Marco conceptual	15
2.4.1	Arduino	15
2.4.2	Textiles inteligentes	15
2.4.3	Monitoreo en tiempo real.....	17
2.4.4	Microcontrolador	17
2.4.5	Índice UV	18
2.4.6	Audaces.....	19
CAPÍTULO III.....		20
METODOLOGÍA		20
3.1	Enfoque de la investigación	20
3.2	Tipos de investigación a aplicar	20
3.3	Técnicas de investigación.....	22
3.4	Flujograma del proceso	22
3.4.1	Flujograma general del proceso	23
3.4.2	Flujograma muestral del proceso	23
3.5	Materiales y equipos utilizados en el prototipo	25
3.5.1	Sensor GUVVA-S12SD	25
3.5.2	Neopreno.....	25

3.5.3	ESP32.....	27
3.5.4	Cables de conexión	27
3.5.5	Batería de alimentación.....	28
3.5.6	Suelda de estaño.....	28
3.5.7	Equipos de confección	29
3.6	Normas de referencia	29
3.6.1	Funcionalidad o adecuación funcional:	30
3.6.2	Usabilidad	31
3.7	Procedimiento	32
3.7.1	Desarrollo del circuito electrónico.....	32
3.7.2	Elaboración de la App móvil	34
3.7.3	Diseño, confección e integración del prototipo textil	37
3.7.4	Evaluación de prototipo	41
CAPÍTULO IV		43
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		43
4.1	Resultados	43
4.2	Monitoreo de radiación UV	43
4.2.1	Prueba de normalidad de los datos.....	45
4.2.2	Estadística descriptiva de los datos.....	46
4.2.3	Análisis de varianza (ANOVA).....	47

4.2.4	Comparaciones múltiples (Prueba de Tukey)	48
4.2.5	Representación gráfica de los resultados	49
4.3	Validación de la funcionalidad y usabilidad del prototipo	50
4.4	Evaluación de la adecuación funcional	51
4.4.1	Interpretación de los resultados de funcionalidad.....	51
4.4.2	Evaluación de la usabilidad	53
4.4.3	Interpretación de los resultados de la usabilidad	54
CAPÍTULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1	Conclusiones	56
5.2	Recomendaciones	57
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del laboratorio CTEX.....	5
Figura 2 Ubicación de la empresa FLORECOT S.A.....	6
Figura 3 Algunos modelos de Arduino.....	15
Figura 4 Tipos de fibras, hilos y tejidos inteligentes con sus respectivos nombres.....	16
Figura 5 Fragmentos de hilos con recubrimiento de aluminio a diferentes aumentos.....	17
Figura 6 Índice de radiación UV en Ecuador.....	18
Figura 7 Flujograma general	23
Figura 8 Flujograma muestral.....	24
Figura 9 Sensor de radiación UV (GUVA-S12SD).....	25
Figura 10 Tela de neopreno	26
Figura 11 Microcontrolador ESP-32.....	27
Figura 12 Power bank Ansty AP-039	28
Figura 13 Suelda de estaño	29
Figura 14 Indicadores de calidad según la norma ISO/IEC 25010.....	30
Figura 15 Circuito electrónico del sensor	32
Figura 16 Código de sobremuestreo del IUUV	33
Figura 17 Alertas de colores y sugerencias para el usuario en la aplicación móvil.....	34
Figura 18 Registro de datos demográficos en la aplicación	35
Figura 19 Almacenamiento de los datos en un archivo CSV generados por la aplicación.....	36
Figura 20 Informe final generado en la aplicación para el usuario en tiempo real.....	37
Figura 21 Diseño de la prenda en el software Audaces	37
Figura 22 Chaleco terminado e integrado con el sistema para el monitoreo de radiación UV....	40

Figura 23 Ejecución de pruebas de campo y registro de datos	45
Figura 24 Pruebas de normalidad de los datos obtenidos por el sensor de radiación UV	46
Figura 25 Gráfico de los resultados obtenidos en el análisis de datos del sensor	49
Figura 26 Gráfico de la funcionalidad técnica.....	52
Figura 27 Gráfico de la usabilidad técnica	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la radiación ultravioleta.....	9
Tabla 2 Niveles de FPS con sus respectivas características.....	11
Tabla 3 Clasificación de variables independientes, dependientes y de control	21
Tabla 4 Características técnicas de la tela de neopreno	26
Tabla 5 Características de los equipos de confección utilizados	29
Tabla 6 Subcaracterísticas del indicador de la funcionalidad	31
Tabla 7 Tabla de tallas utilizadas en Ecuador	38
Tabla 8 Secuencias de pasos para la confección del chaleco.....	39
Tabla 9 Variables a controlar en las pruebas de campo	41
Tabla 10 Resultados obtenidos en las pruebas de campo	44
Tabla 11 Consolidación de los datos del sensor aplicando estadística descriptiva.....	47
Tabla 12 Análisis ANOVA de los datos obtenidos del sensor.....	47
Tabla 13 Prueba Tukey de los datos obtenidos del sensor.....	48
Tabla 14 Datos consolidados de la validación de la adecuación funcional	51
Tabla 15 Datos consolidados de la validación de la usabilidad del prototipo	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Código de programación utilizado para la calibración del sensor	60
Anexo 2 Paleta de colores del IUV de acuerdo al riesgo.....	62
Anexo 3 Encuesta estructurada en base a la norma ISO 25010 en base a la escala de Likerd.....	62
Anexo 4 Evidencia de las pruebas realizadas en el área cultivo de la empresa FLORECOT S. A.....	63
Anexo 5 Certificado otorgado por la empresa FLORECOT S. A. que valida el desarrollo de las pruebas de campo.....	64

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

La radiación ultravioleta (RUV) proveniente del sol presenta un riesgo significativo para la salud humana, debido a sus efectos acumulativos sobre la piel y los ojos. En el año 2020, se diagnosticaron aproximadamente 1,2 millones de nuevos casos de cáncer de piel a nivel mundial, y se estima que cerca de 1,5 millones de personas sufrieron alguna afección como consecuencia de la exposición prolongada a la RUV (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022b).

En Ecuador, el índice de RUV ha alcanzado cifras alarmantes, según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2025), una porción importante del territorio nacional presenta valores clasificados como altos (6, 7) y muy altos (8, 10), siendo un ejemplo claro la provincia de Imbabura donde los niveles de RUV son particularmente altos, lo que constituye un riesgo significativo para la salud pública.

Esta problemática evidencia la necesidad de llevar a cabo un monitoreo continuo de los niveles de RUV y evitar la exposición prolongada, ya que esta puede provocar la aparición de diversas enfermedades, en este contexto se plantea el desarrollo de un prototipo textil inteligente, que incorpore sensores de RUV para monitorear en tiempo real la exposición solar y reducir los riesgos para la salud.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Desarrollar un prototipo textil inteligente para el monitoreo de radiación ultravioleta y la sobreexposición solar.

1.2.2 *Objetivos específicos.*

- Recopilar información relevante de estudios previos sobre los efectos de la exposición solar y la radiación ultravioleta, con el fin de fundamentar el desarrollo del prototipo textil inteligente para la prevención de la sobreexposición solar.
- Integrar sensores de radiación ultravioleta con un sistema basado en Arduino para la interpretación de datos en tiempo real mediante una aplicación móvil.
- Elaborar un prototipo de prenda que integre los componentes electrónicos para la detección de radiación ultravioleta, con el fin de prevenir la sobreexposición solar.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo y la integración de los componentes electrónicos, realizando pruebas en personas expuestas a largas horas bajo el sol para verificar su efectividad en la prevención de la sobreexposición solar

1.3 Alcance

La investigación se enmarca en la combinación de dos metodologías: la experimental y la descriptiva. Se empleará un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), dado que la recolección de datos técnicos se realizará mediante sensores de RUV para su interpretación a través de una aplicación móvil, complementándose con la aplicación de encuestas para evaluar la experiencia y percepción de los usuarios sobre el sistema.

El diseño del prototipo se realizará empleando tela de neopreno, de 1,9 mm de grosor con una densidad de 484,8 g/m², seleccionada por su resistencia, durabilidad y capacidad para adaptarse a condiciones climáticas exigentes, siendo un chaleco el modelo elegido, por su practicidad en entornos laborales y facilidad para integrar componentes electrónicos.

Este sistema integra un sensor basado en el módulo GUVA-S12SD y el amplificador operacional SGM8521, que permitirá detectar RUV en el rango del espectro entre 200 y 370 nm (Huerta, 2024). Los datos recolectados serán interpretados mediante la escala UV Index, con apoyo

de una aplicación móvil desarrollada para el sistema operativo Android utilizando la plataforma Android Studio.

El lugar donde se llevarán a cabo las distintas pruebas será en la empresa FLORECOT S. A. ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, donde se seleccionará una muestra de 9 trabajadores del área de cultivo, quienes permanecen expuestos al sol durante largas jornadas laborales, dichos ensayos se llevarán a cabo entre las 10:00 y las 16:00 horas, dado que durante ese período la radiación alcanza niveles que pueden resultar perjudiciales para la salud, llegando a ser críticos (INAMHI, 2025), además, se priorizará los días soleados con el fin de asegurar el rendimiento del sistema en condiciones que necesitan mediciones precisas.

Con el propósito de determinar la conformidad de los usuarios con el prototipo, se utilizarán encuestas estructuradas aplicadas después de las pruebas de campo basadas en los criterios establecidos por la norma ISO/IEC 25010, centrándose en dos características fundamentales: la usabilidad, que refiere a la simplicidad con la que los usuarios pueden comprender y operar el sistema, y la funcionalidad, la cual se entiende como la habilidad del producto para ejecutar una función específica (ISO, 2025).

1.4 Justificación

En los últimos años, los textiles inteligentes han surgido como una alternativa prometedora en la protección personal. Estos permiten integrar sensores capaces de registrar datos del entorno, lo que los hace ideales para el desarrollo de soluciones frente a problemas de salud pública como la exposición solar prolongada (Liu et al., 2025).

En este contexto, mediante el uso de textiles inteligentes se busca enfrentar problemáticas que se alinean con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 3 (ODS 3), que según las Naciones Unidas

(2023) hace referencia a “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” (p. 16).

Una de las amenazas más relevantes es la radiación ultravioleta (RUV), dado que constituye una de las principales causas del cáncer de piel no melanoma (CPNM), debido a esto la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) han reconocido que la exposición ocupacional a la radiación ultravioleta (RUV) representa el tercer factor ocupacional con la mayor carga atribuible de cáncer, además, de acuerdo con sus proyecciones, el total de fallecimientos atribuibles al CPNM como resultado de dicha exposición se duplicó entre 2000 y 2019, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias preventivas (Pega et al., 2023).

Investigaciones llevadas a cabo en áreas agrícolas han evidenciado que los niveles de radiación ultravioleta (RUV) durante las jornadas de trabajo a menudo exceden los límites considerados seguros, lo que coloca a los trabajadores en una situación de exposición a dosis que aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades dermatológicas (Araya et al., 2021), siendo uno de los principales motivos la mala identificación de los peligros asociados a la exposición (Symanzik Cara & John, 2023).

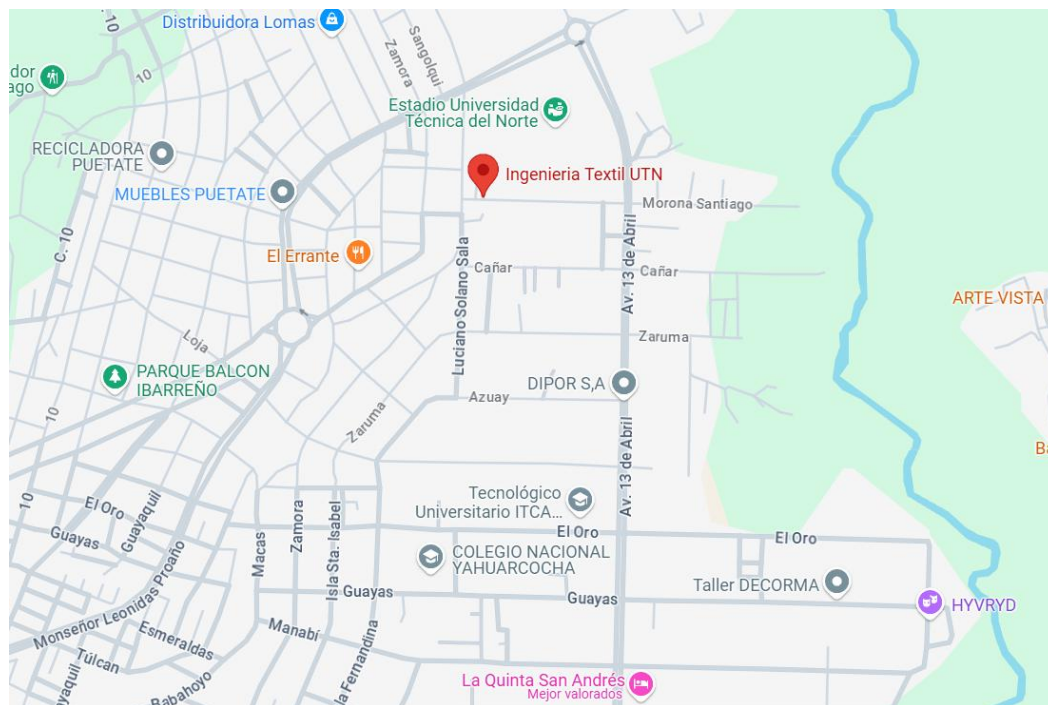
En respuesta a las problemáticas identificadas, el presente estudio busca diseñar e implementar un sistema de monitoreo de radiación ultravioleta mediante la integración de una prenda textil inteligente (chaleco) que contará con un sistema electrónico diseñado para monitorear y notificar en tiempo real los niveles de exposición a la radiación ultravioleta (RUV) a través de una aplicación móvil, además, este chaleco tiene como objetivo garantizar la ergonomía y proporcionar comodidad durante su utilización en actividades agrícolas.

1.5 Características del sitio del proyecto.

La **Figura 1** muestra la ubicación de la Carrera de Textiles en las coordenadas 0.3791305929832223, -78.12201782246419, donde se llevará a cabo el proyecto de investigación, además, en dicho lugar se encuentran los laboratorios con equipos normalizados.

Figura 1

Ubicación del laboratorio CTEX



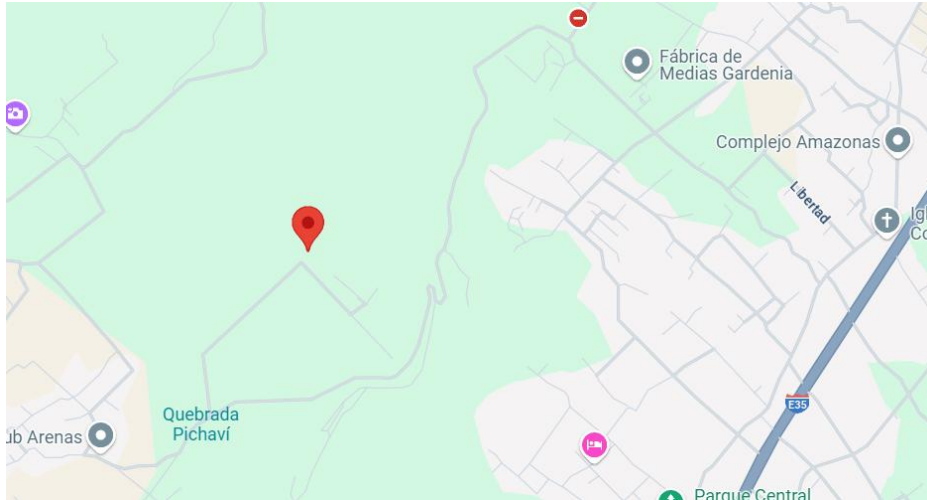
Fuente: (Google Maps, 2025b)

En la

Figura 2 se puede observar la ubicación de la empresa FLORECOT S.A., que se encuentra en las coordenadas 0.31100028303400246, -78.2471943288267. Esta empresa se dedica a la producción y exportación de flores de verano, donde los trabajadores del área de cultivo permanecen expuestos al sol constantemente. Debido a esta problemática se escogió dicho lugar para realizar las respectivas pruebas de campo.

Figura 2

Ubicación de la empresa FLORECOT S.A.



Fuente: (Google Maps, 2025a)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Los avances recientes en tecnología textil han facilitado la creación de nuevos productos innovadores, como los e-textiles, que integran dispositivos electrónicos en tejidos para ofrecer funcionalidades como el monitoreo de señales fisiológicas (Ahmad & Ahuja, 2023). En esta línea, una investigación realizada en el año 2023, se enfocó en el tratamiento de tejidos con óxido de zinc y dióxido de titanio para obtener un acabado textil con factor de protección ultravioleta. Este estudio dio resultados satisfactorios, mostrando un notable aumento en la capacidad de bloqueo de los rayos ultravioleta tipo A, B y C (Angamarca, 2024).

La tecnología ha intentado dar soluciones más interactivas basándose en datos en tiempo real, un claro ejemplo se encuentra en la ciudad de Loja, donde, se desarrolló una red de sensores que monitorean los niveles de radiación solar, este sistema utilizó sensores UV conectados a una estación base, que gestiona y transmite los datos a una aplicación móvil. Los hallazgos facilitaron la visualización en tiempo real de los niveles de radiación, sus datos históricos y recomendaciones preventivas correspondientes al índice UV (Orozco & Ordóñez, 2020).

Con una orientación similar, se diseñó un prototipo de semáforo UV que utiliza sensores alimentados por energía fotovoltaica, integrados en un sistema que emplea hardware y software de código abierto, donde, se utilizó una aplicación móvil para presentar el análisis de datos, facilitando al usuario el acceso a los niveles de radiación y las pautas de protección sugeridas (Díaz, 2023).

Acercándose más a la parte textil, otro estudio desarrollado en la Universidad de Guanajuato diseñó una tinta con fósforos sensibles a la radiación ultravioleta, capaces de emitir

luz visible al detectar longitudes de onda específicas. Al modular el material para responder a longitudes como 254, 365 y 405 nm, la prenda cambia de color (verde o azul) según la intensidad de la radiación UV, brindando una señal visual al usuario (Gomez, 2024).

Por otra parte, un estudio llevó a cabo el desarrollo de un dispositivo de detección de radiación ultravioleta en tiempo real, empleando un sensor Arduino UVM30a adaptado a un circuito impreso (PCB), este podía ser situado en un bolsillo en la parte superior del brazo para recopilar datos que posteriormente se transmitían a una aplicación móvil para la respectiva interpretación. Los resultados indican que esta tecnología no solo optimiza la protección del usuario, sino que también incrementa su conciencia respecto a los riesgos acumulativos asociados a la radiación solar (Uribe et al., 2022). Esta propuesta es la más cercana al enfoque de esta investigación, aunque el dispositivo no fue integrado directamente en el tejido, comparte el objetivo de integrar tecnologías en la vestimenta para proteger al sector laboral de los efectos de la exposición ultravioleta.

2.2 Estudios previos.

2.2.1 Efectos de la radiación ultravioleta en la salud

La radiación que proviene del sol fue descubierta a comienzos del siglo XIX por Jhoannes Ritter al identificar que emitía una luz con una longitud y onda menor que la azul y el violeta. Esa luz recibió el nombre de ultravioleta (González-Púmariega et al., 2009). Aunque la radiación UV contribuye a la síntesis de vitamina D, una exposición prolongada puede provocar daños en la salud, incluyendo envejecimiento prematuro de la piel, alteraciones pigmentarias y principalmente, un mayor riesgo de desarrollar cáncer cutáneo (D’Orazio et al., 2013).

Ecuador, al estar ubicado sobre la línea ecuatorial, recibe niveles de radiación UV superiores al límite recomendado por la OMS (Huaca & Ormeño, 2017). De acuerdo con la Cámara

de Comercio de Quito (CCQ, 2025), durante el año 2024 se registraron aproximadamente 650 casos de cáncer de piel, posicionándose como la segunda neoplasia más frecuentes entre los hombres y la tercera entre las mujeres, este fenómeno se puede atribuir a los niveles elevados de radiación ultravioleta (RUV) y al uso inadecuado de medidas de protección, además, se ha observado un aumento preocupante en el número de casos en jóvenes de 20 años.

A menudo, la RUV se divide en tres bandas espectrales de la luz con base en los efectos biológicos, como se muestra en la **Tabla 1**, esta clasificación ayuda a entender mejor los riesgos de la exposición al sol, especialmente en regiones como el Ecuador, donde la intensidad solar es alta durante todo el año debido a su ubicación geográfica en la línea ecuatorial (INAMHI, 2025).

Tabla 1

Clasificación de la radiación ultravioleta

Tipo de RUV	Efectos	Rango espectral (nm)
UV-A	Responsable del bronceado de la piel.	400 a 320
UV-B	Una larga exposición puede provocar la aparición de cáncer de piel, melanoma, catarata y debilitamiento del sistema inmunológico.	280 a 320
UV-C	Se considera la más peligrosa para el ser humano, pero es absorbida totalmente por la atmósfera.	100 a 280

Fuente: (González-Púmariega et al., 2009)

2.2.2 Factores que aumentan la intensidad de la radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta (RUV) emitida por el sol constituye un factor ambiental de suma importancia, debido a sus efectos tanto positivos como negativos sobre la salud humana y el medio ambiente (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades [CDC], 2023). Un estudio

realizado por la OMS (2002), estableció 6 factores que incrementan la intensidad de la RUV, comprenderlos facilita una evaluación más precisa de los riesgos y la implementación de estrategias de prevención. Estos factores son:

- **La altitud solar:** La intensidad de la radiación solar aumenta conforme el sol se eleva en el cielo, lo que indica una variación dependiendo de la hora del día.
- **La latitud:** una región cercana a la línea ecuatorial presenta niveles superiores de radiación.
- **La nebulosidad:** Un cielo despejado incrementa la intensidad de la radiación ultravioletas (RUV).
- **La altitud:** Se observa un incremento de la radiación del 10 al 12% por cada mil metros de elevación.
- **El ozono:** La estratosfera presenta una capa de ozono que absorbe una proporción significativa de la radiación solar, sin embargo, a lo largo del año, los niveles de ozono cambian.
- **La reflexión del suelo:** El nivel de reflectancia depende del tipo de superficie; por ejemplo, la nieve refleja hasta un 80% en comparación con la arena seca de la playa, que solo refleja un 15% de la radiación. Además, factores como el viento, la humedad o la contaminación también alteran la cantidad de radiación que alcanza el suelo y pueden dar una falsa sensación de seguridad frente al sol. (Inderma, 2025).

2.2.3 Medidas preventivas que fomentan el cuidado de la salud ante la radiación solar

Factores como jornadas de trabajo a la intemperie en días soleados, la falta de conocimiento del nivel de radiación y la sobreexposición prolongada al sol, son algunos de los elementos que

contribuyen a desarrollar problemas de salud a largo plazo. La probabilidad de desarrollar enfermedades relacionadas con la RUV puede reducirse aplicando acciones protectoras.

Uso de protector solar: La luz UV, ya sea natural o artificial, daña el ADN de las células de la piel. Las quemaduras solares están asociadas con un riesgo mayor de melanoma, incluso en jóvenes, por esto, se recomienda el uso de protector solar con un FPS de al menos 30 (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [US EPA], 2025; OMS, 2022b).

El FPS (Factor de Protección Solar) es una escala que indica el nivel de protección que un producto ofrece contra los rayos UVB como se detalla en la **Tabla 2**, utilizar un protector solar con un FPS adecuado puede reducir significativamente el daño solar (Eucerin, 2025).

Tabla 2

Niveles de FPS con sus respectivas características

Nivel de FPS	Grado de Protección	Porcentaje de Bloqueo UV-B	Recomendaciones
15 - 30	Bajo a Moderado	93% - 97%	Uso diario con exposición solar leve
30 - 50	Moderado a Alto	97% - 98%	Pieles sensibles o exposición solar prolongada
50+	Muy Alto	>98%	Para condiciones extremas y personas con mayor sensibilidad o riesgo de quemadura

Fuente: (Eucerin, 2025)

Uso de ropa protectora: Optar por ropa de manga larga, pantalones, sombrero de ala ancha y gafas de protección UV. Algunas prendas cuentan con UPF (Factor de Protección Ultravioleta) que aumenta la defensa frente al sol (American Cancer Society [ACS], 2024). Por

ejemplo, un estudio realizado por Angamarca (2024) demostró que al aplicar un acabado textil utilizando óxido de zinc (ZnO) y titanio (TiO₂), se alcanzó una protección superior al 99% frente a radiación UV-A y UV-C, y del 96% en UV-B.

Evitar horas críticas: El nivel de radiación UV es más crítico entre las 10 y 16 horas. Aunque la sombra no bloquea completamente la radiación, es recomendable buscar una (OMS, 2022b).

Consultar el índice UV diario: Tener un conocimiento actualizado y de preferencia en tiempo real puede ayudar a planificar un día al aire libre de forma segura (US EPA, 2025).

2.2.4 Monitoreo en tiempo real mediante el uso de sensores de radiación UV.

En varios países de Sudamérica se han implementado estrategias enfocadas en prevenir los efectos nocivos de la radiación ultravioleta. Una de estas medidas, según Bone Moncayo et al. (2025) ha sido la instalación de solómetros, dispositivos visuales similares a semáforos que indican el nivel actual del índice UV.

En Perú una investigación desarrollada por Muñoz & Casanca (2022) implementó una solución compuesta de un dispositivo portátil con sensores de radiación UV y una aplicación para dispositivos Android que permite el monitoreo en tiempo real, con el fin de ofrecer una experiencia de protección solar más individualizada. Por otro lado, en un estudio similar en Ecuador, desarrolló un sistema compuesto por un sensor de radiación solar y una aplicación que permitía la visualización de los niveles de radiación y la configuración de alertas (Ulcuango, 2024).

2.2.5 Implementación de sensores en textiles

Lara et al. (2025) menciona que “los avances tecnológicos han transformado la dinámica social a lo largo de la historia” (p. 12). Diversas investigaciones han demostrado el auge en la implementación de sensores en textiles inteligentes, ampliando las funcionalidades de las prendas

más allá de su propósito tradicional. Por ejemplo, según lo descrito por Bagherzadeh et al. (2022), la fabricación de tejidos con capacidad eléctrica se ha perfeccionado mediante técnicas como la creación de hilos núcleo-cubierta, el uso de alambres integrados y el recubrimiento de materiales conductores por inmersión. Estas estrategias permiten generar textiles funcionales con propiedades adaptadas a distintas necesidades tecnológicas.

Por otro lado, Cachimuel (2018) subraya como este tipo de textiles son capaces de monitorear signos vitales, aportando una función adicional a la vestimenta facilitando a los usuarios consultar datos fisiológicos en tiempo real durante actividades cotidianas, evidenciando el potencial de los E-textiles como herramientas de salud personal.

Desde una perspectiva técnica, Santillán (2025) propuso un sistema para la detección del cambio de temperatura y humedad en deportistas utilizando la plataforma Arduino LilyPad, Este estudio destaca el uso de hilos conductores como un medio de conexión fiable dentro de la prenda, ya que, el registro de datos no presento problemas ni fallas de confección con la aplicación móvil. Finalmente, Pijal (2024) se centra en la creación de un prototipo textil destinado a la regulación de la postura en entornos de oficina. Estos estudios confirman que los textiles técnicos son fundamentales en el desarrollo de prendas inteligentes.

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) estableció varios artículos que garantizan el derecho a la salud, el uso de la tecnología y la protección de las personas frente a factores ambientales de riesgo. A continuación, se presentan los artículos pertinentes:

Art. 32: “La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la

educación, la cultura física, el social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir” (p. 18).

Art. 66, numeral 27: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (p. 33).

Art. 385: “El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales tendrá como objetivos: ... mejorar la calidad de vida y contribuir a la realización del buen vivir” (p. 185).

2.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro de las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte (2022):

1. “Producción industrial y tecnología sostenible.
 2. Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.
 3. Biotecnología, energía y recursos naturales renovables.
 4. Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable.
 5. Salud y bienestar integral.
 6. Gestión, calidad de la educación, procesos pedagógicos e idiomas.
 7. Desarrollo artístico, diseño y publicidad.
 8. Desarrollo social y del comportamiento humano.
 9. Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.
 10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética)”
- (p.01).

Para el desarrollo de la investigación se tomará en cuenta la línea de investigación número nueve, ya que transmite los lineamientos de la carrera de Textiles.

2.4 Marco conceptual

2.4.1 *Arduino*

El microcontrolador Arduino (ver **Figura 3**) es una plataforma de hardware y software de código abierto, cuyo lanzamiento inicial se remonta al año 2005. Una de sus principales ventajas radica en su arquitectura de programación intuitiva y la capacidad adquirida de recibir actualizaciones continuas. Fue desarrollado con el objetivo de dotar a profesionales y estudiantes de una herramienta eficiente para el diseño y desarrollo de dispositivos que logran interactuar con el ambiente físico a través de la integración de diversos sensores (Shakirovich, 2022).

Figura 3

Algunos modelos de Arduino



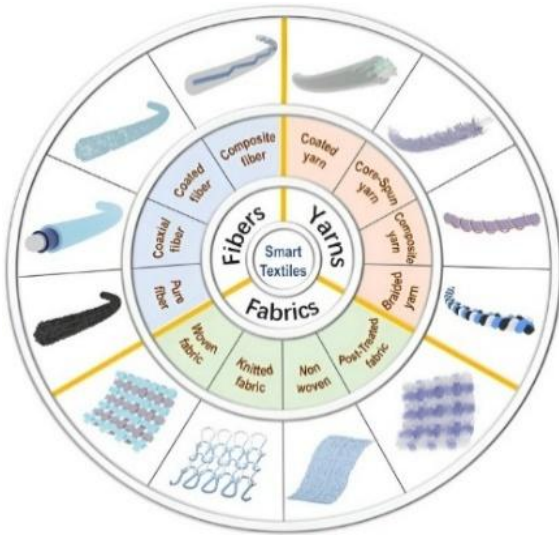
Fuente: (Shakirovich, 2022).

2.4.2 *Textiles inteligentes*

Los textiles inteligentes se definen como estructuras textiles funcionales con tecnología que tienen la capacidad de detectar el entorno. Algunos de estos materiales se pueden observar en la **Figura 4**. Están diseñados sobre fibras o tejidos capaces de captar estímulos externos y reconocer tanto los movimientos como las condiciones del usuario, permitiendo así generar información o facilitar la interacción con otros sistemas (Xu et al., 2025).

Figura 4

Tipos de fibras, hilos y tejidos inteligentes con sus respectivos nombres



Fuente: (Xu et al, 2025)

Los E-Textiles pueden clasificarse según la forma en que integran la funcionalidad dentro del material textil en tres categorías: fibras electrónicas, hilos conductivos y tejidos electrónicos.

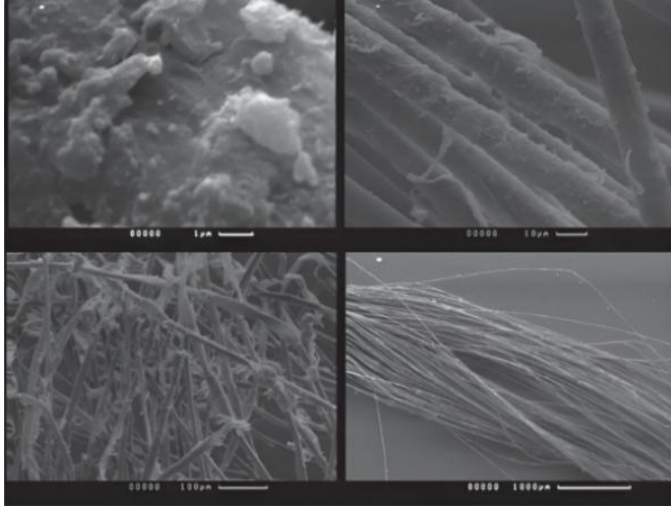
Fibras inteligentes: Estas fibras poseen la capacidad de detectar estímulos del entorno y responder a ellos, lo que facilita el reconocimiento de movimientos corporales o de las condiciones del usuario. Los desarrollos recientes en materiales poliméricos semiconductores han permitido que las fibras integren propiedades electrónicas, tales como la conducción de señales, la generación de energía y la recolección de datos (Sun et al., 2023).

Hilos conductores: Al igual que las fibras, los hilos pueden adquirir propiedades de detección al ser recubiertos con materiales conductores, como se puede apreciar en la

Figura 5. Su estructura flexible y abierta facilita la adhesión de estas sustancias, lo que los convierte en una opción eficiente para su uso en sensores textiles. (Xu et al., 2025).

Figura 5

Fragmentos de hilos con recubrimiento de aluminio a diferentes aumentos



Fuente: (Maltsev et al., 2023)

Géneros tejidos inteligentes: Los tejidos representan una opción versátil dentro de los E-Textiles, ya que pueden adaptarse fácilmente a las necesidades del cuerpo humano debido a su flexibilidad, capacidad de transpiración y comodidad. Gracias a estas propiedades, los tejidos pueden adaptarse al cuerpo sin perder su funcionalidad, siendo útiles en zonas del cuerpo que experimentan constante movimiento, como codos, rodillas o muñecas (Xu et al., 2025).

2.4.3 Monitoreo en tiempo real

El monitoreo de la radiación ultravioleta tipo A (UV-A) consiste en medir y supervisar continuamente los niveles de radiación para prevenir la sobreexposición, proteger la salud y garantizar condiciones seguras en distintos entornos. El monitoreo UV es esencial para garantizar condiciones seguras en ambientes con exposición prolongada al sol (Villagómez, 2019).

2.4.4 Microcontrolador

Un microcontrolador de ofrecer capacidades de procesamiento, conectividad inalámbrica, y eficiencia energética. Su versatilidad y facilidad de uso han impulsado su adopción tanto en

ámbitos educativos como en desarrollos comerciales, consolidándola como una de las plataformas más populares para soluciones tecnológicas integradas (Arciniega et al., 2025).

2.4.5 Índice UV

El índice ultravioleta (IUV) es una herramienta que cuantifica la intensidad de la RUV del sol en la superficie de la tierra. Cumple un rol fundamental al informar a la población sobre la importancia de adoptar medidas de protección solar, como el uso del bloqueador, gafas con filtro UV y ropa adecuada (OMS, 2022a).

Según el INAMHI (2025), el índice UV en Ecuador se mide en una escala que va del 1 al 11 o más, acompañada de representaciones visuales que indican los cuidados ante la radiación recomendados, como se muestra en la **Figura 6**. Estas medidas de protección se aplican de forma acumulativa en función del índice UV, en niveles bajos se sugiere el uso de ropa técnica, adicionalmente se integra el uso de gorras y gafas UV para niveles moderados. Al alcanzar niveles altos, se añade la protección mediante sombra y fotoprotectores, mientras que en los rangos críticos (muy alto y extremadamente alto) es fundamentalmente evitar la exposición directa para garantizar el cuidado correcto de la piel.

Figura 6

Índice de radiación UV en Ecuador



Fuente: (INAMHI, 2025)

2.4.6 Audaces

El sistema Audaces Patrones constituye una plataforma de diseño asistido por computadora (CAD) indispensable en la fase de modelado textil, ya que proporciona una interfaz simple e intuitiva con funciones y herramientas que permiten el desarrollo de patrones complejos con solo unos pocos pasos. Esta tecnología eleva la eficiencia operativa al permitir la creación de patrones digitales un 70% más rápido que con los métodos manuales, e integra tablas de automáticas para facilitar medidas un escalado más ágil y preciso (Audaces, 2025).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación se sustenta en una combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos. Según De Jesús (2024) menciona que un “enfoque cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos, buscando cuantificar variables, identificar patrones y establecer relaciones entre fenómenos” (p. 4), este componente se centró en la recolección y análisis de datos numéricos sobre los niveles de RUV y el tiempo de exposición, obtenidos directamente del sensor integrado en el chaleco y mostrados a través de la aplicación móvil.

Por otro lado, Medina et al., (2023) menciona que “el enfoque cualitativo busca una comprensión de las perspectivas individuales, utilizando datos no numéricos como observaciones o testimonios” (p. 16). Esto se aplicó para recabar información sobre la comodidad, facilidad de uso y la integración del sistema en las actividades diarias de las personas.

3.2 Tipos de investigación a aplicar

Los tipos de investigación pueden clasificarse considerando criterios como el propósito, la naturaleza de los datos o el método de análisis empleado (Haro Sarango et al., 2024), el presente proyecto se enmarcó en la combinación de dos tipos de investigación: la experimental y la descriptiva.

La investigación experimental según Vargas (2009) “se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se obtienen otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación” (p. 159). Esto implica la fase de construcción del chaleco, seguido de pruebas en entornos reales, lo que permitió obtener datos para verificar la funcionalidad y el rendimiento del prototipo. Para esta etapa se elaboró la tabla

que, reúne los factores que se manipularon (ver **Tabla 3**), midieron o se mantuvieron constantes para que los resultados obtenidos fueran fiables durante las pruebas de campo.

Tabla 3

Clasificación de variables independientes, dependientes y de control

Tipo de Variable	Variable	Protocolo de Medición/Estandarización
Independiente	Intensidad UV	Se tomó como referencia el rango del índice UV
	Tiempo de exposición	Periodos de prueba de una hora por persona
Dependiente	Lecturas del sensor	Datos cuantitativos registrados del sensor
	Percepción del usuario	Retroalimentación cualitativa sobre alertas y comodidad.
Control	Ubicación del sensor	Posición del sensor en el hombro del chaleco
	Tipo de prenda	Chaleco
	Horario	Las mediciones se harán entre las 10:00 am a 15:00 pm, con un tiempo estimado por persona de 90 minutos
	Condiciones Ambientales	Condiciones ambientales normales.

Fuente: Propia

Nicomedes (2013) menciona que la investigación descriptiva “comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio” (p. 2); al adoptar este tipo de investigación, se pudo recolectar información sobre la experiencia de uso de los participantes, aportando una visión cualitativa esencial para la mejora y aceptación del prototipo.

3.3 Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación se definen como los procedimientos o instrumentos que sirven para la recolección, obtención, registro y análisis sistemático de datos (Campos, 2021), bajo esta óptica, los datos cuantitativos se recolectaron directamente del sensor de radiación UV integrados en el chaleco, esta información permitió evaluar el nivel de radiación y exposición a la que los trabajadores están expuestos constantemente, esto gracias al procesamiento de datos mediante estadística descriptiva, calculando promedios y desviaciones estándar.

Para evaluar la usabilidad y la funcionalidad percibida, se aplicaron encuestas estructuradas basadas en los criterios de calidad de la norma ISO/IEC 25010. Para esta fase, se seleccionó una muestra de 9 trabajadores del área de campo, facilitados por la empresa colaboradora. Esta selección respondió a un muestreo no probabilístico por conveniencia, aprovechando la experiencia de este grupo en el entorno ambiental donde funcionará el chaleco.

Las preguntas empleadas utilizaron una escala de Likert de 5 puntos (desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo"), lo que permitió cuantificar las opiniones subjetivas de los operarios, finalmente, estos datos fueron analizados a través de medidas de tendencia central, lo que permitió interpretar con claridad el nivel de aceptación y la utilidad del prototipo según la experiencia de los usuarios.

3.4 Flujograma del proceso

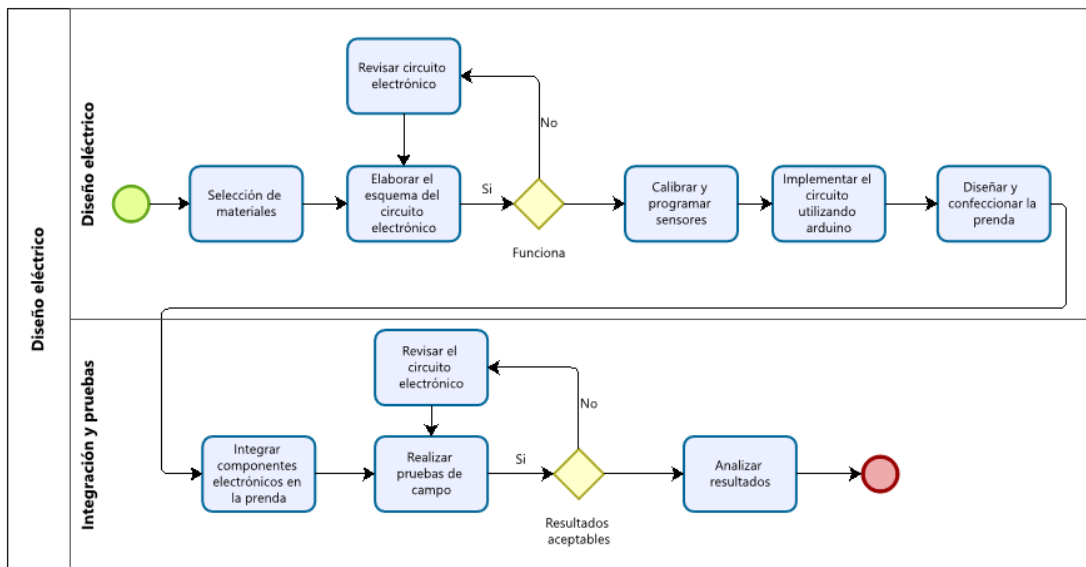
Un flujograma o diagrama de flujo según Slidesgo (2025) se utiliza para “representar procesos y flujos de trabajo, así como las distintas decisiones que se pueden tomar” (p. 1), utiliza distintas formas conectadas mediante flechas que establecen la secuencia del proceso (Lucidchart, 2025).

3.4.1 Flujograma general del proceso

La **Figura 7** presenta el diagrama de flujo general del proceso donde se detallan los subprocesos que se llevaron a cabo en el proyecto, desde la selección de materiales hasta la integración de estos en la prenda, logrando así, desarrollar con éxito el prototipo textil para el monitoreo de RUV.

Figura 7

Flujograma general



Fuente: Propia

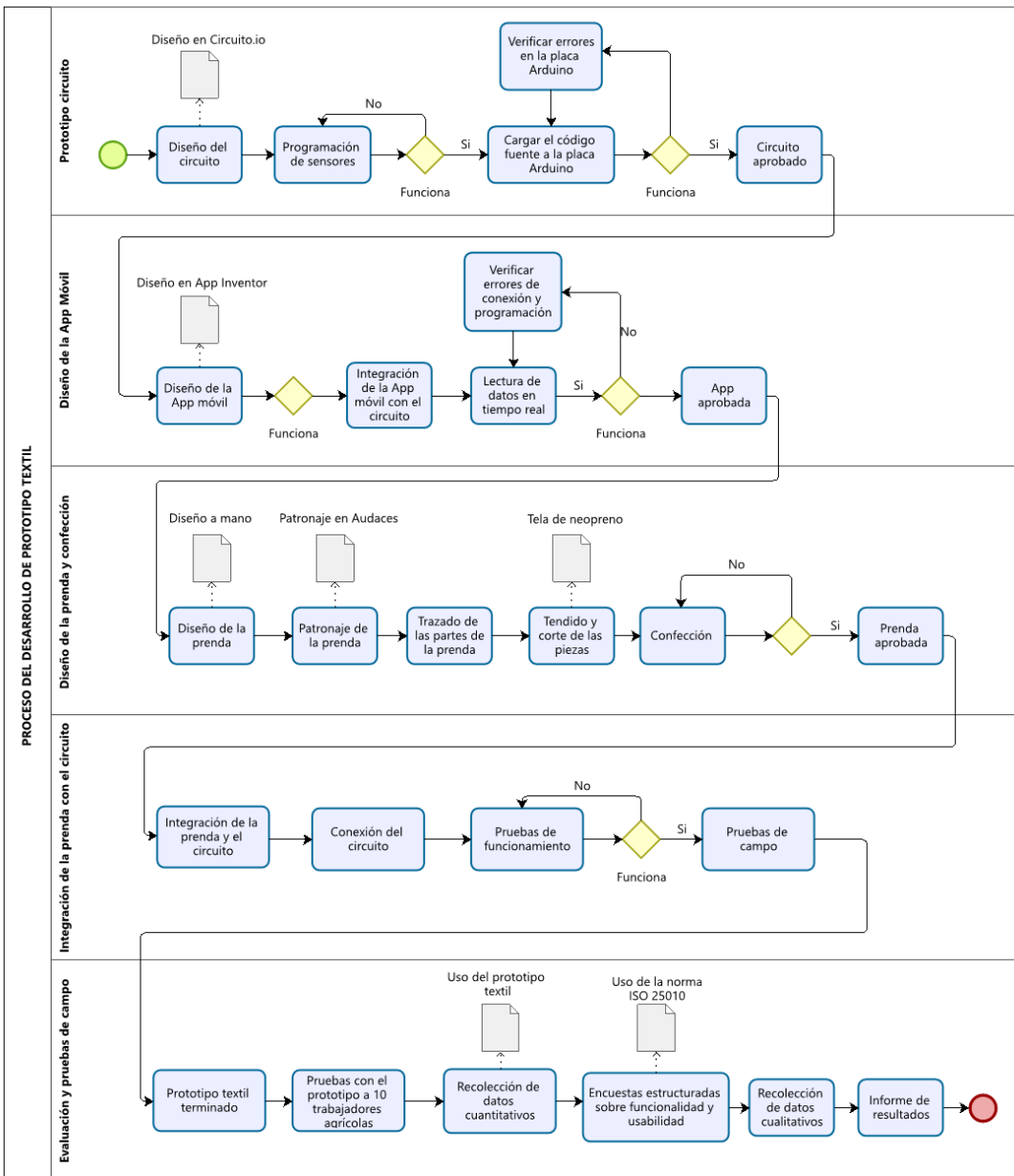
3.4.2 Flujograma muestral del proceso

El flujograma (ver **Figura 8**) se enfoca en detallar la secuencia de pasos para el desarrollo del circuito electrónico y su integración a la prenda para la obtención de datos en tiempo real durante las pruebas de campo. Además, identifica subprocesos que se llevaron a cabo, por ejemplo, el diseño del prototipo en Tinkercad o el patronaje de la prenda utilizando el software Audaces. El flujograma también integra las condiciones que se establecieron para validar el funcionamiento

del prototipo durante el diseño, la elaboración y las pruebas de campo. Finalmente, el proceso culmina con la generación de un informe que evaluó el cumplimiento de los objetivos de rendimiento del textil inteligente.

Figura 8

Flujograma muestral



Fuente: Propia

3.5 Materiales y equipos utilizados en el prototipo

3.5.1 Sensor GUVA-S12SD

La **Figura 9** muestra el sensor GUVA-S12SD diseñado para medir la intensidad de la luz ultravioleta en un rango de 200 a 370 nm. Tiene una tensión de operación entre 3.3 y 5 V y devuelve un voltaje entre 0 a 1; el mismo que puede ser transformado al IUUV multiplicándolo por 10. (Huerta, 2024)

Figura 9

Sensor de radiación ultravioleta GUVA-S12SD



Fuente: (Huerta, 2024)

3.5.2 Neopreno

Para la confección del chaleco se utilizó neopreno (policloropreno) que se puede observar en la **Figura 10**, esta tela es reconocido por su resistencia y adaptabilidad (Lork Industrias, 2025). A diferencia de otros textiles técnicos como el poliéster técnico o los tejidos espaciadores (spacer fabrics), que presentan una alta flexibilidad, pero baja rigidez estructural, el neopreno ofrece una estabilidad dimensional superior. Esta característica garantizó una posición fija de los sensores relativa al cuerpo, evitando desplazamientos involuntarios que pudieran generar lecturas erróneas durante el movimiento del usuario (Legacy Rubber, 2024).

Figura 10

Tela de neopreno



Fuente: Propia

Además, la elección de un espesor de 1,9 mm respondió a una decisión técnica ya que este calibre proporcionó la capacidad necesaria de amortiguamiento para proteger las soldaduras y componentes electrónicos contra impactos leves y vibraciones (DuPont, 2008). Aunque el material posee propiedades de aislamiento térmico, su estructura de celda cerrada actuó como una barrera impermeable, impidiendo que la humedad corporal (sudor) penetrara hacia los circuitos electrónicos, mitigando el riesgo de corrosión o cortocircuitos que sí pueden presentar las mallas de tejido abierto (TSE Industries, 2021). La siguiente tabla muestra las características técnicas del neopreno.

Tabla 4

Características técnicas de la tela de neopreno

Característica	Especificaciones técnicas
Grosor	1,9 mm
Gramaje	484,8 g/m ²
Núcleo Fibroso	Policloropreno
Tejido	Tejido de Punto
Tipo de fibra	Poliéster

Fuente: Propia

3.5.3 ESP32

El ESP32 (Ver **Figura 11**) es una placa de desarrollo de alto rendimiento basada en el procesador dual-core Xtensa LX6, capaz de operar a una frecuencia de reloj de hasta 240 MHz y equipada con 520 KB de memoria RAM. Su principal ventaja se encuentra en la incorporación de un módulo de conectividad inalámbrica dual que es compatible con WiFi y Bluetooth 4,2 con tecnología de Baja Energía (BLE), lo que resulta adecuado para aplicaciones que requieren un bajo consumo energético. Además, proporciona una interfaz versátil al contar con 30 a 36 pines configurables (Ortiz et al., 2025).

Figura 11

Placa microcontrolador ESP-32



Fuente: Propia

3.5.4 Cables de conexión

Para la conexión de los componentes electrónicos se utilizó 3 tipos de cables denominados macho, hembra y mixto, haciendo referencia a la forma de sus terminales. El cable macho posee en sus dos extremos un pin sobresaliente diseñado para insertarse en una superficie receptora, mientras que el cable hembra presenta una cavidad receptora que asegura un contacto firme con el pin de salida del sensor o módulo. Como su nombre lo indica, el cable mixto es una combinación

de los dos anteriores, teniendo un terminal macho en un extremo y un terminal hembra en el otro. (Codigo IOT, 2018).

3.5.5 Bateria de alimentación

Para el sistema de alimentación autónoma del prototipo, se seleccionó el banco de energía modelo Ansty AP-039 (ver **Figura 12**), el cual integra una batería de polímero de litio de alta densidad con una capacidad nominal de 10,000 mAh. Este dispositivo, permite la gestión inteligente de la corriente de salida entre 5V/2.1A a 12V según demanda. (Techworld, 2025).

Figura 12

Power bank de la marca Ansty modelo AP-039



Fuente: Propia

3.5.6 Suelta de estaño

La **Figura 13** muestra la soldadura con estaño, también conocida como soldadura blanda, emplea una aleación de estaño (Sn) y plomo (Pb) como metal de aportación. El punto de fusión de esta aleación oscila entre 170 y 240 °C, siendo directamente proporcional a la concentración de plomo en la mezcla; es decir, un mayor porcentaje de plomo, mayor es el punto de fusión (Xunta de Galicia, 2025).

Figura 13

Suelda de estaño



Fuente: Propia

3.5.7 Equipos de confección

Para el ensamblaje apropiado y una integración consistente de las partes que conforman la prenda, se implementó el uso de un equipo industrial textil como es la máquina recta (RTA). Estos equipos forman parte del laboratorio de confección de la carrera de Ingeniería Textil cuyas características se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5

Características de los equipos de confección utilizados

Máquina	Agujas	Marca y modelo	Tipo de puntada
Recta (RCU)	DBX1	Juki DDL-8100e	Clase 300

Fuente: Propia

3.6 Normas de referencia

Para la evaluación de la calidad del sistema se tomó como referencia la norma ISO/IEC 25010 que cuenta con 8 indicadores como se observa en la **Figura 14**. Esta norma establece una estructura para evaluar la calidad de un sistema estructurado en dos dimensiones: calidad del producto y calidad de uso (ISO, 2025). Para la presente investigación tomara en cuenta el indicador de la funcionalidad y usabilidad.

Figura 14

Indicadores de calidad según la norma ISO/IEC 25010



Fuente: Adaptado de Cortés Rojas (2024)

3.6.1 Funcionalidad o adecuación funcional:

La adecuación funcional se define como la medida en que un sistema posee la capacidad específica para ejecutar las tareas y operaciones necesarias que permitan al usuario alcanzar sus metas con precisión y exactitud, esta a su vez se divide en dimensiones específicas, tales como la integridad, la exactitud y la relevancia funcional, como se indica en la **Tabla 6**. Este apartado de la norma permite analizar las funciones que están explícitamente definidas en el diseño como las necesidades implícitas que emergen en contextos de uso real.

Esta validación teórica establece la base metodológica para la elaboración de encuestas estructuradas, garantizando que la recolección de datos cualitativos represente de manera precisa la aplicabilidad práctica del prototipo (Ormeño, 2019). De este modo, se garantiza que el dispositivo no solo opere a nivel técnico, sino que satisfaga efectivamente las expectativas de protección y confort del usuario final en su entorno cotidiano (Ormeño, 2019).

Tabla 6

Subcaracterísticas del indicador de la funcionalidad

Características	Definición
Integridad funcional	Grado en el que las funcionalidades de un producto cumplen los objetivos de los usuarios.
Corrección funcional	Capacidad del producto para proporcionar resultados exactos cuando es utilizado por los usuarios especificados.
Adecuación funcional	Capacidad del producto para brindar funciones que facilitan el desarrollo de tareas y objetivos de usuario especificados.

Fuente: Adaptado de Britton (2021)

3.6.2 Usabilidad

La usabilidad se centra en la eficacia, la conveniencia y la satisfacción con la que cualquier usuario, sin importar su origen, capacidades físicas o habilidades técnicas, puede interactuar con el producto. Según Zavgorodniy (2025) la clave es responder a las siguientes preguntas fundamentales:

- **Reconocible la idoneidad:** ¿Pueden los usuarios comprender si el producto se ajusta a sus necesidades?
- **Facilidad de aprendizaje:** ¿Resulta difícil para un usuario aprender a navegar por el producto y alcanzar sus objetivos?
- **Operabilidad:** ¿Es fácil de controlar y navegar el producto?
- **Protección contra errores del usuario:** ¿El producto protege a los usuarios de cometer errores?

- **Estética de la interfaz de usuario:** ¿Es la interfaz visualmente atractiva y satisfactoria para los usuarios?
- **Accesibilidad:** ¿Pueden los usuarios con discapacidades como deficiencias visuales o auditivas disfrutar del producto? ¿El producto resulta atractivo para la mayor cantidad de personas posible? (p. 1).

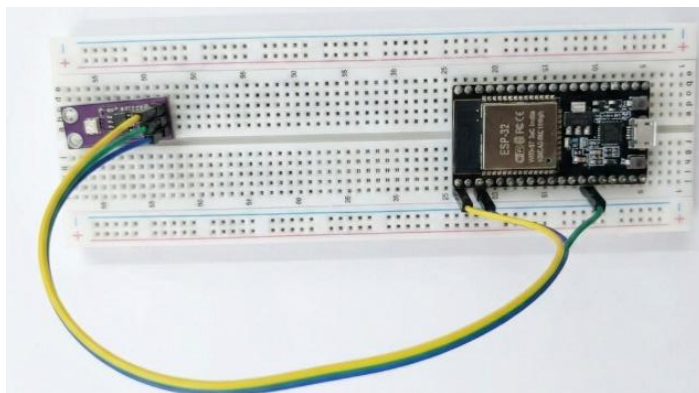
3.7 Procedimiento

3.7.1 Desarrollo del circuito electrónico

El proceso de desarrollo del sistema comenzó con una fase de modelado y simulación en la plataforma Circuito.io, en la cual se llevó a cabo la validación de la lógica del microcontrolador ESP32, así como de la comunicación serial, previo a la implementación física. Posteriormente, el circuito final (ver **Figura 15**) se desarrolló utilizando un módulo ESP32 elegido por su capacidad de procesamiento.

Figura 15

Circuito electrónico del sensor



Fuente: Propia

Con el fin de asegurar la exactitud de los datos en un entorno agrícola caracterizado por una elevada interferencia, se incorporó en el código un algoritmo de sobremuestreo (ver **Figura**

16), que, en lugar de realizar lecturas individuales, el sistema registra secuencias de 50 muestras consecutivas y determina su media aritmética, operando como un filtro digital de suavizado.

Figura 16

Sección del código para el sobremuestreo del IUV

```
long suma = 0;
for(int i = 0; i < 64; i++) {
    suma += analogRead(pinSensorUV);
    delay(2); // Pequeña pausa entre lecturas
}
```

Fuente: Propia

Una vez que la señal ha sido filtrada, se implementa un modelo matemático de transferencia para transformar la señal digital (ADC) en un valor estandarizado del Índice UV (ver **Anexo 1**). Inicialmente, se lleva a cabo la normalización de la lectura a un voltaje de referencia de 1,2V, posteriormente se aplica el factor de sensibilidad del sensor (K=10,0), el cual ha sido calibrado experimentalmente para alinearse con los radiómetros de referencia que provienen de instituciones como el INAMHI que pronostica el clima y la radiación UV día a día. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$V_{out} = \left(\frac{ADC_{lectura}}{4095} \right) * 1,2V$$

$$IUV = V_{out} * 10$$

Donde:

V_{out} es el voltaje de salida

ADC es la señal digital que reporta el sensor antes de ser convertida a voltaje

3.7.2 Elaboración de la App móvil

Para la interfaz de monitoreo y el almacenamiento de datos, se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación empleando el entorno de desarrollo Android Studio y el lenguaje de programación Java, lo que permitió la comunicación Bluetooth de manera simultánea y la posibilidad de acceder al sistema de archivos del dispositivo para la gestión de grandes volúmenes de datos durante el monitoreo.

La estructura de la aplicación fue pensada para recibir datos de manera intermitente, en intervalos de un segundo, para su posterior visualización en pantalla en tiempo real. No obstante, se implementó un protocolo de registro que permite el guardar datos cada 120 segundos, facilitando la elaboración de informes detallados mediante un sistema de clasificación del riesgo basados en un código de colores (ver **Anexo 2**), que proporciona alertas visuales al usuario conforme a las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 17

Alertas de colores y sugerencias para el usuario en la aplicación móvil



Fuente: Propia

Para garantizar el registro de la información durante las pruebas de campo, la aplicación emplea un protocolo de seguridad de entrada como se observa en la **Figura 18**, la cual impide el inicio del monitoreo a menos que se hayan registrado los datos demográficos (nombre, cédula de identidad, edad, actividad y área de trabajo). Estos datos no únicamente permiten la identificación del sujeto, sino que también se utilizan para crear un nombre de archivo distintivo lo que garantiza que cada sesión de monitoreo produzca un archivo independiente por individuo.

Figura 18

Registro de datos demográficos en la aplicación

Monitor UV - Tesis
Protocolo de Seguridad Solar

Datos del Participante:
Maria Iralda Quinchiguango Yaselga
103873500
32

Datos Laborales:
Clasificación
Hypericum

Turno Asignado:
Turno A (10:00 - 11:30)

CONECTAR Y EMPEZAR

Esperando conexión...

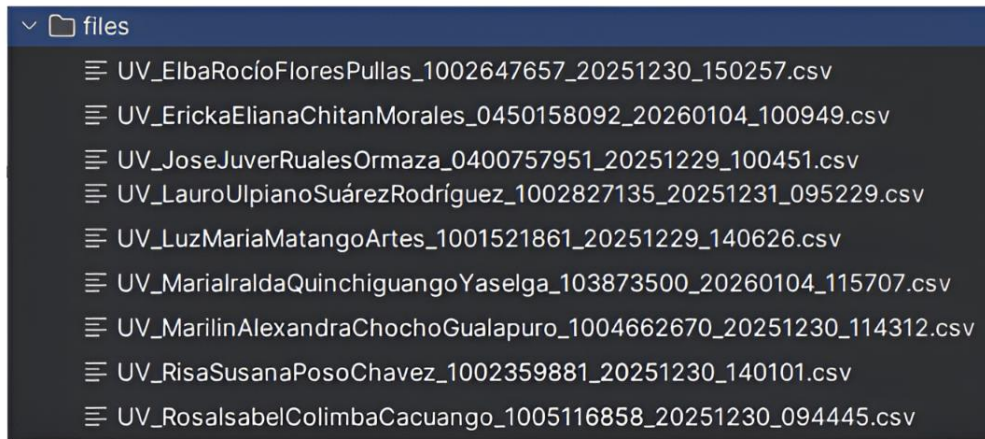
Fuente: Propia

Una vez que se ha iniciado la sesión, la gestión de los datos se lleva a cabo mediante la creación local de archivos en formato CSV individuales por cada nuevo usuario (ver **Figura 19**). Este formato fue elegido debido a su elevada interoperabilidad, lo que posibilita que los

archivos extraídos del dispositivo móvil sean abiertos y analizados directamente en aplicaciones de hojas de cálculo, como Microsoft Excel, sin requerir un proceso de conversión.

Figura 19

Almacenamiento de los datos en un archivo CSV generados por la aplicación



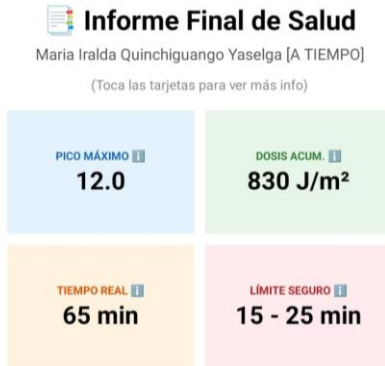
Fuente: Propia

Al finalizar la sesión de monitoreo, la aplicación no solo guarda el archivo, sino que procesa instantáneamente los datos en memoria para ofrecer un Informe Visual de Salud (ver **Figura 20**). Este módulo realiza un cálculo matemático de los vectores acumulados para presentar al usuario métricas críticas que incluyen:

- **Pico Máximo de UV:** El valor más alto de radiación alcanzado en la sesión.
- **Tiempo de Exposición Real:** Minutos efectivos que el sensor estuvo activo.
- **Dosis Acumulada:** Cálculo de la energía absorbida estimada en Joules/m².
- Esta retroalimentación inmediata permite que el trabajador conozca su nivel de riesgo segundos después de terminar su jornada, sin tener que esperar al procesamiento de datos en computadora.

Figura 20

Informe final generado en la aplicación para el usuario en tiempo real



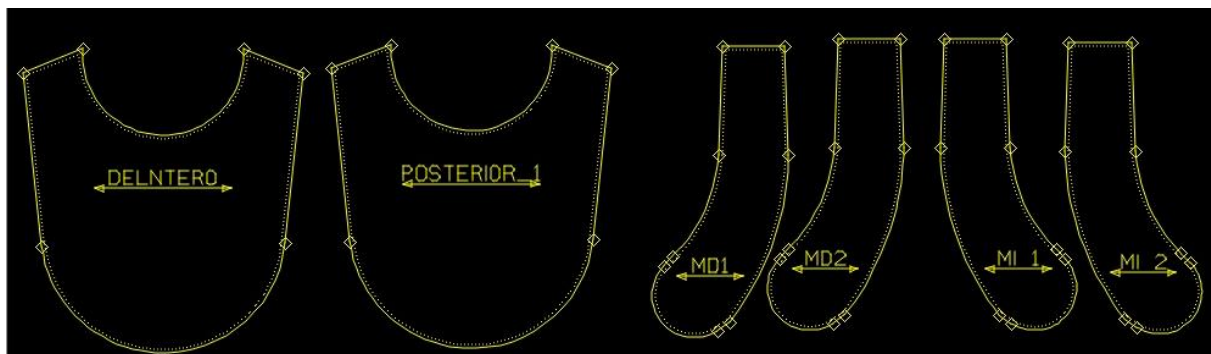
Fuente: Propia

3.7.3 *Diseño, confección e integración del prototipo textil*

El diseño conceptual de la prenda se realizó utilizando el software Audaces como se evidencia en la **Figura 21**, que permitió crear el patrón base del chaleco empleando las funcionalidades integradas en el sistema para mejorar el rendimiento de la tela y la configuración de las piezas, optimizando el uso del material y el espacio de alojamiento de los componentes internos.

Figura 21

Diseño de la prenda en el software Audaces



Fuente: Propia

Para la definición de las dimensiones de la prenda, se incorporó la **Tabla 7**, que muestra de tallajes utilizado por la empresa ecuatoriana Cole Haan, la misma que sirvió como referencia para establecer medidas de la prenda que se adapten a distintos tipos de cuerpo, este apartado es esencial para las pruebas de campo ya que el grupo de personas que evaluarán el producto incluye hombres y mujeres en distintas edades y situaciones de trabajo en el are de campo como: cosecha, calificación, desbrote, deshierbe, entre otros.

Tabla 7

Tabla de tallas utilizadas en Ecuador

Talla	Pecho (cm)	Cinturón (cm)	Caderas (cm)	Longitud de la manga (cm)
S	91,4 - 96,5	72,4 - 77,5	91,4 - 96,5	85,7
M	99,1 – 104,1	80.0 - 84.4	99,1 – 104,1	87,6
L	106,7 - 111,8	87,6 - 92,7	106,7 - 111,8	89,5
SG	114,3 - 119,4	95,3 - 100,3	114,3 - 119,4	91,4
XXL	121,9 - 127,0	102,9 - 107,9	121,9 - 127,0	93,3

Fuente: Adaptado de Cole Haan (2025)

El patrón de chaleco fue elaborado con dos capas: interior y exterior. La primera permite alojar los componentes electrónicos como son el sensor UV GUVA-S12SD, el microcontrolador ESP32, un interruptor para el control de encendido y la batería de litio (como fuente de energía), además, se confeccionó un compartimento específico para cada elemento, minimizando el movimiento y el riesgo de interferencia, la capa exterior permite cubrir el sistema y genera una visión limpia del producto.

La confección completa del prototipo se desarrolló utilizando maquinaria industrial del laboratorio de confección de la carrera de textiles, empleando una secuencia de pasos definidas en la **Tabla 8** la cual incluye el tipo de maquinaria (RTU y RTA) y el tipo de aguja respectivamente

que permite asegurar la resistencia, el acabado estético y la reproducibilidad del chaleco para futuros casos de estudios.

Tabla 8

Secuencias de pasos para la confección del chaleco

Pasos	Maquinaria	Tipo de Aguja	Objetivo de la Unión
Ensamblaje de la Espalda	RTA	DBX1	Unir las capas de neopreno de la sección trasera
Unión de Hombros y Tirantes	RTA	DBX1	Unir las piezas de los tirantes a la espalda
Confección de Aberturas	RTA	DBX1	Cree bolsillos y aberturas específicas para los distintos componentes
Fijación de Correas de Ajuste	RTA	DBX1	Coser las correas ajustables
Unión de capa interna y externa	RTA	DBX1	Ensamblar los paneles exteriores e interiores y realizar el pespunte final de bordes.

Fuente: Propia

Además de las características electrónicas, la efectividad del prototipo depende de su viabilidad como una prenda adecuada para el uso cotidiano, para esto, se examinaron cuatro factores fundamentales de la integración en el sector textil.

Peso total del sistema: El prototipo final (ver **Figura 22**) logró un peso combinado de aproximadamente 380 gramos. De la cifra total reportada, el 65% se atribuye a la batería de alta capacidad (10000 mAh), mientras que el 35% restante corresponde al material de neopreno y a los componentes electrónicos. Con el propósito de reducir la sensación de carga, la batería fue colocada en la región lumbar inferior, situada cerca del centro de gravedad del cuerpo, lo que permite una distribución equilibrada del peso.

Figura 22

Chaleco terminado e integrado con el sistema para el monitoreo de radiación UV



Fuente: Propia

Influencia en la Flexibilidad y Movilidad: La utilización de neopreno de 1.9 mm ofreció una configuración semirrígida, a pesar de que el neopreno exhibe una elevada estabilidad dimensional, su elasticidad facilitó la adaptación del chaleco al cuerpo y a los movimientos de los brazos durante los trabajos realizados por los usuarios, además los ensayos de campo corroboraron que el sistema no limitó el rango de movimiento requerido para las actividades agrícola.

Gestión Térmica: Debido a las propiedades del neopreno como aislante térmico, se presentaba el riesgo de acumulación de calor en su interior, sin embargo, dado el bajo consumo energético del microcontrolador y la disposición del hardware en compartimentos separados, no

se observó un incremento de temperatura significativo que pudiera generar incomodidad al usuario ni afectar la precisión del sensor.

3.7.4 Evaluación de prototipo

Una vez que se completó el ensamblaje del sistema y se corroboró su funcionalidad electrónica, se avanzó hacia la etapa de validación en un entorno real. La presente fase se organizó en dos dimensiones: la validación técnica a través de un protocolo de pruebas de campo (ver **Anexo 4**) y la validación del usuario mediante el uso encuestas (ver **Anexo 3**).

Con el fin de asegurar la validez científica y la reproducibilidad de los datos obtenidos mediante el sensor GUVA-S12SD, se implementó un protocolo experimental en una muestra de 9 trabajadores del sector agrícola donde se reguló las variables que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9

Variables a controlar en las pruebas de campo

Variable de control	Especificación y parámetro definidos
Horarios de medición	Las pruebas de campo se llevaron a cabo en un horario de 10:00 am a 16:00 pm
Ubicación del sensor	Región del deltoides anterior derecho (Hombro).
Duración y frecuencia	Sesión continua de 60 minutos por usuario con registro de datos cada 120 segundos.
Condiciones climáticas	Cielo despejado o parcialmente nublado, evitando días lluviosos para garantizar el correcto funcionamiento del sensor.
Manejo de atípicos	El sistema cuenta con 2 filtros: el promedio de 64 muestras y la eliminación de valores nulos o negativos
Muestra	Se evaluó a 9 trabajadores agrícolas de la empresa Florecot S.A.

Fuente: Propia

Para la valoración de la percepción del usuario en relación con la calidad de uso, se desarrolló una encuesta estructurada fundamentada en los indicadores de la norma ISO/IEC 25010,

centrándose particularmente en las dimensiones de adecuación funcional y usabilidad. Este instrumento se compone de diez ítems que se evalúan utilizando una escala de Likert de cinco puntos, la cual está diseñada para medir actitudes y opiniones subjetivas de manera cuantitativa. La codificación de la escala se especifica de la siguiente manera:

1. Totalmente en desacuerdo (Evaluación muy negativa).
2. En desacuerdo.
3. Neutral (Ni de acuerdo ni en desacuerdo).
4. De acuerdo.
5. Totalmente de acuerdo (Valoración muy favorable).

Con el fin de evaluar la efectividad del prototipo en relación con la experiencia del usuario, se establecieron criterios de decisión fundamentados en la media de las calificaciones obtenidas en la escala de Likert. Se determina que el prototipo satisface los criterios de calidad si logra superar los umbrales indicados a continuación:

- **Óptimo Nivel (aceptado):** Promedio que es igual o superior a 4, Se observa un elevado nivel de satisfacción y validación del diseño.
- **Nivel Satisfactorio (aceptado con observaciones):** $3 \leq \text{Promedio} < 4$. Indica que el sistema es operativo, aunque es susceptible de presentar pequeñas optimizaciones.
- **Nivel Insuficiente (rechazado):** Promedio inferior a 3. Identifica deficiencias significativas en la usabilidad o funcionalidad que demandan una reestructuración del sistema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras las pruebas de campo realizadas con el prototipo textil para el monitoreo de radiación UV en la empresa FLORECOT S. A. (ver **Anexo 5**). El análisis se divide en tres ejes fundamentales: el procesamiento de los datos del sistema, la evaluación de la funcionalidad del prototipo textil, y la evaluación de la calidad de uso percibida por los trabajadores bajo los criterios de la norma ISO/IEC 25010.

4.2 Monitoreo de radiación UV

Para dar cumplimiento a la primera fase de la evaluación técnica establecida en el objetivo específico 4, se llevó a cabo la consolidación de los datos obtenidos a través del prototipo textil durante las actividades de campo, la **Tabla 10** presenta el registro de una serie de 30 datos obtenidos directamente del sensor GUVA-S12SD, estos fueron recolectados en intervalos regulares de 2 minutos en el lapso de una hora por persona, además, se determinó el promedio de la radiación por individuo y por turno que servirán para el posterior análisis estadístico.

Estos valores facilitan la evaluación de las lecturas en relación con las condiciones del entorno agrícola, donde es posible evidenciar que, aunque se presentan pequeñas fluctuaciones atribuibles a variaciones temporales en la incidencia solar o al movimiento físico del operario, la tendencia general de los datos se conserva estable y dentro de la tolerancia técnica del sensor de ± 1 UVI especificada por el fabricante (Velleman, 2018), siendo coherente a lo largo de cada intervalo de monitoreo, pudiendo descartar la posibilidad de ruido electrónico considerable o errores de medición aleatorios, lo que a su vez respalda el correcto funcionamiento del prototipo para llevar a cabo el análisis estadístico.

Tabla 10*Resultados obtenidos en las pruebas de campo*

N° Muestra	U1-A	U2-A	U3-A	U4-B	U5-B	U6-B	U7-C	U8-C	U9-C
1	9,89	9,81	9,73	11,96	11,95	11,96	10,75	10,53	10,65
2	9,91	9,78	9,70	11,93	11,93	11,92	10,84	10,56	10,61
3	9,87	9,82	9,74	11,94	11,95	11,96	10,80	10,50	10,65
4	9,90	9,87	9,79	11,97	11,94	12,00	10,84	10,50	10,70
5	9,88	9,78	9,70	11,96	11,94	11,92	10,89	10,56	10,61
6	9,92	9,78	9,70	11,95	11,97	11,92	10,80	10,57	10,61
7	9,86	9,87	9,79	11,93	11,95	12,00	10,83	10,51	10,70
8	9,89	9,83	9,75	11,96	11,97	11,97	10,83	10,53	10,66
9	9,93	9,77	9,69	11,94	11,97	11,91	10,80	10,44	10,60
10	9,85	9,82	9,74	11,92	11,96	11,96	10,79	10,54	10,65
11	9,89	9,77	9,69	11,95	11,93	11,91	10,82	10,51	10,60
12	9,91	9,77	9,69	11,97	11,94	11,91	10,82	10,54	10,60
13	9,87	9,80	9,72	11,91	11,98	11,94	10,86	10,57	10,63
14	9,89	9,69	9,61	11,94	11,93	11,83	10,87	10,57	10,52
15	9,94	9,70	9,62	11,92	11,96	11,84	10,80	10,55	10,53
16	9,84	9,76	9,68	11,90	11,96	11,90	10,82	10,52	10,59
17	9,90	9,74	9,66	11,96	11,99	11,88	10,85	10,53	10,57
18	9,88	9,81	9,73	11,93	11,95	11,94	10,77	10,53	10,63
19	9,92	9,74	9,66	11,93	11,93	11,89	10,87	10,45	10,58
20	9,86	9,72	9,64	11,93	11,94	11,86	10,81	10,51	10,55
21	9,89	9,86	9,78	11,95	11,98	12,00	10,72	10,50	10,69
22	9,91	9,78	9,70	11,97	11,96	11,92	10,82	10,59	10,61
23	9,87	9,79	9,71	11,94	11,95	11,93	10,82	10,49	10,62
24	9,89	9,72	9,64	11,92	11,93	11,86	10,83	10,55	10,55
25	9,93	9,76	9,68	11,93	11,94	11,90	10,84	10,59	10,59
26	9,85	9,80	9,71	11,97	11,95	11,94	10,80	10,60	10,63
27	9,90	9,73	9,65	11,98	11,92	11,87	10,83	10,65	10,56
28	9,88	9,81	9,73	11,93	11,95	11,95	10,84	10,60	10,64
29	9,89	9,76	9,68	11,91	11,93	11,90	10,82	10,58	10,59
30	9,89	9,78	9,70	11,91	11,96	11,92	10,83	10,53	10,61
Promedio por usuario	9,89	9,78	9,70	11,94	11,95	11,92	10,82	10,54	10,61
Promedio por turno	9,79			11,94			10,66		

Fuente: Propia

Tras un análisis visual de los datos expuestos en la **Tabla 10**, se puede observar que los registros oscilan predominantemente entre 10 y 12 IUV, niveles que corresponden a las categorías de riesgo “Muy Alto” y “Extremo” según la escala estandarizada por la Organización Mundial de la Salud (2002) corroborando en primera instancia que el personal trabaja bajo niveles de radiación peligroso

Para complementar la información, se integra la **Figura 23** correspondiente a las pruebas de campo realizadas, donde se evidencia el parte del procedimiento aplicado para la obtención de los datos, permitiendo visualizar las condiciones reales del uso de la prenda durante la evaluación, así como la correcta colocación del chaleco y el funcionamiento durante la actividad desarrollada.

Figura 23

Ejecución de pruebas de campo y registro de datos



Fuente: Propia

4.2.1 Prueba de normalidad de los datos

Con el fin de asegurar la precisión y la adecuada elección de las pruebas estadísticas, se llevó a cabo una verificación de la distribución de los datos recopilados a partir del sensor de

radiación UV (GUVA-S12SD). Considerando que la muestra abarcó 30 datos por trabajador, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia del 95% (ver **Figura 24**) mediante el uso de software Past 4, la cual presenta una mayor potencia estadística en el análisis de muestras pequeñas ($n < 50$) considerando la normalidad si el valor p es mayor a 0,05 (Sánchez et al., 2024).

Figura 24

Pruebas de normalidad de los datos obtenidos por el sensor de radiación UV

Nro. Datos	U1-RUV-A	U2-RUV-A	U3-RUV-A	U4-RUV-B	U5-RUV-B	U6-RUV-B	U7-RUV-C	U8-RUV-C	U9-RUV-C
	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Shapiro-Wilk W	0,9751	0,9754	0,9744	0,9563	0,9516	0,973	0,944	0,9804	0,9782
p(normal)	0,6869	0,6949	0,6661	0,2481	0,1869	0,6233	0,1164	0,835	0,7749
Anderson-Darling A	0,3438	0,2583	0,275	0,5234	0,5784	0,2595	0,6694	0,2547	0,2478
p(normal)	0,4648	0,6934	0,6362	0,1682	0,1209	0,6892	0,07251	0,7056	0,7296

Fuente: Propia

Como se evidencia en la **Figura 24**, todas las variables analizadas mostraron un valor p superior a 0,05. Esto corrobora que los datos presentan una distribución normal, por lo tanto, para el análisis descriptivo y comparativo, se emplearon medidas paramétricas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión (desviación estándar), asegurando así la validez estadística de los resultados obtenidos.

4.2.2 Estadística descriptiva de los datos

Para analizar la radiación ultravioleta a lo largo de la jornada laboral, se llevó a cabo el cálculo de las medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar y varianza) para cada uno de los turnos evaluados como se muestra en la **Tabla 11**, esta síntesis de datos, ponen en manifiesto el desempeño del Turno B (Mediodía), el cual reporta la media más alta del estudio (11,94 IUUV), excediendo el umbral de riesgo clasificado como extremadamente alto por la Organización Mundial de la Salud. De igual manera, la varianza observada en este grupo

indica una homogeneidad en las mediciones, lo cual sugiere una exposición constante y sin variaciones significativas a lo largo de dicho periodo.

Tabla 11

Consolidación de los datos del sensor aplicando estadística descriptiva

Rango	N	Media (IUV)	D. Estándar	Varianza	Mínimo	Máximo
A (Mañana)	3	9,78	0,095	0,009	9,70	9,89
B (Mediodía)	3	11,94	0,015	0,0002	11,92	11,95
C (Tarde)	3	10,61	0,145	0,021	10,54	10,82

Fuente: Propia

4.2.3 Análisis de varianza (ANOVA)

Para verificar si existe una diferencia entre cada turno, se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor (ver **Tabla 12**), esta prueba estadística se define como un conjunto de técnicas apropiadas para situaciones en las que es necesario comparar más de dos grupos permitiendo establecer si las diferencias detectadas en los promedios son resultado de un efecto real del factor bajo evaluación, que en este contexto se refiere al turno laboral (Dagnino, 2014).

Tabla 12

Análisis ANOVA de los datos obtenidos del sensor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	6,997	2	3,498	343,4	< 6,496E-7
Dentro de grupos	0,061	6	0,010		
Total	7,058	8			

Fuente: Propia

El análisis arrojó un valor estadístico de Fisher (F) de 343,4, lo cual sugiere una magnitud del efecto significativamente alto, con un valor de significancia estadística (p) inferior a 6,496E-

7, dado que este valor de probabilidad es menor que el umbral de error aceptado del 5% ($\alpha = 0,05$), se logra determinar que no existe igualdad entre las medias, este sugiere estadísticamente que la exposición a la radiación ultravioleta no se distribuye de manera uniforme a lo largo del día, sino que presenta diferencias significativas que están asociadas con los turnos laborales asignados a los trabajadores.

4.2.4 Comparaciones múltiples (Prueba de Tukey)

Dado que el ANOVA indicó la presencia de diferencias significativas sin especificar los grupos particulares involucrados, se empleó el método de comparaciones múltiples aplicando la Prueba de Tukey (ver **Tabla 13**) empleada en el análisis de varianza (ANOVA) para generar intervalos de confianza para todas las diferencias por pares entre las medias correspondientes a los niveles de los factores, además, el procedimiento ajusta los niveles de confianza individuales con el fin de asegurar que la precisión del análisis se mantenga en el 95% (Minitab, 2025).

Tabla 13

Prueba Tukey de los datos obtenidos del sensor

Comparación	Diferencia de Medias	Error Estándar	Valor Q	Sig. (p)
Turno B vs Turno A	+2,15	0,058	36,91	< 0,001
Turno B vs Turno C	+1,28	0,058	21,98	< 0,001
Turno C vs Turno A	+0,87	0,058	14,94	< 0,001

Fuente: Propia

Al realizar un análisis de las comparaciones múltiples presentadas en la **Tabla 13**, se observa que el Turno B (mediodía) representa una diferencia significativa en relación con los otros horarios, superando en 2,15 unidades de Índice Ultravioleta (IUV) a los registrados durante el turno matutino (A) y en 1,28 unidades los observados en el turno vespertino (C).

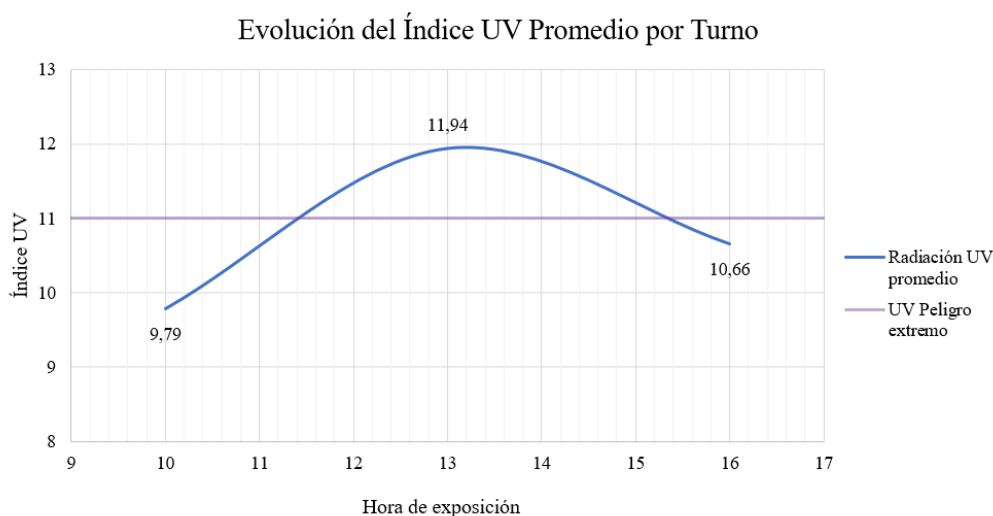
Estos resultados demuestran que la exposición solar no es uniforme, sino que presenta una variabilidad crítica a lo largo de la jornada, además, se evidencia una clara estratificación del riesgo, donde incluso el turno de la tarde supera al de la mañana con un valor de 0,87 puntos. Esto evidencia que las diferencias observadas responden a condiciones reales de exposición y no a registros errores por parte del sistema, permitiendo concluir que la intensidad de la radiación sigue una jerarquía definida, lo que impide la implementación de medidas de seguridad genéricas, en cambio, requiere el establecimiento de protocolos de protección priorizados para el personal que trabaja entre las 12:00 y las 13:00 horas.

4.2.5 Representación gráfica de los resultados

La **Figura 25** permite verificar de manera visual la magnitud de las diferencias identificadas a través del análisis inferencial y analizar el patrón de evolución de la radiación en cada uno de los escenarios. Esta representación gráfica facilita la observación directa de la tendencia central (medias) a lo largo de la jornada laboral.

Figura 25

Gráfico de los resultados obtenidos en el análisis de datos del sensor



Fuente: Propia

Al examinar la trayectoria de la curva, se evidencia una pendiente ascendente notable hacia el Turno B, lo que confirma que la exposición al mediodía es drásticamente más agresiva en comparación con los otros grupos. Otro hallazgo significativo es que el pico de la curva en el Turno B se encuentra completamente por encima de la línea de referencia de 11 UVI establecida por la Organización Mundial de la Salud (2002). Esto indica que, durante este periodo, los empleados están expuestos a niveles de radiación que la OMS clasifica como extremos y potencialmente perjudiciales, capaces de provocar daños severos en la piel en un breve lapso de tiempo.

Además, el comportamiento de la gráfica demuestra que, tras el punto máximo, la radiación no desciende a niveles inofensivos, sino que mantiene una consistencia alta, validando así la urgente necesidad de implementar medidas de prevención para alertar al personal específicamente durante esta ventana temporal crítica, buscando así evitar enfermedades a largo plazo.

4.3 Validación de la funcionalidad y usabilidad del prototipo

Para dar cumplimiento al componente final del Objetivo Específico 4, orientado a verificar la efectividad del prototipo en la prevención de la sobreexposición solar, se realizó un estudio de campo que incluyó a los 9 operarios involucrados en la investigación. Estos datos se recopilaron mediante una encuesta elaborada en conformidad con los criterios de calidad definidos en la norma internacional ISO/IEC 25010, centrándose particularmente en dos atributos del modelo: la Adecuación Funcional, que se refiere a la capacidad del sistema para ofrecer funciones que cumplen con las necesidades especificadas, y la Usabilidad, que indica la capacidad del producto para ser comprendido, aprendido y utilizado por el usuario.

Para el análisis cuantitativo de la validación, se procesó la información recabada mediante la escala de Likert mediante un análisis basado en dos indicadores estadísticos complementarios; por un lado, se calculó la media aritmética (N=9) con el propósito de definir la tendencia central

de satisfacción global, estableciendo que valores superiores a 4 denotan conformidad, y por otro, se determinó el porcentaje de aceptación a través de la frecuencia relativa de respuestas positivas. Cabe destacar que, para este último indicador, se aplicó un criterio riguroso al considerar como validación exitosa únicamente a las categorías “De acuerdo” (4) y “Totalmente de acuerdo” (5), descartando deliberadamente las posturas neutrales con el fin de asegurar que el índice final represente un consenso inequívoco sobre la funcionalidad y usabilidad operativa del sistema."

4.4 Evaluación de la adecuación funcional

La **Tabla 14** recopila los resultados consolidados basados en la subcaracterística de pertinencia funcional establecida en la norma ISO/IEC 25010, para esto se realizó una consulta a los operarios acerca de la eficacia de las alertas, la estabilidad de la conexión y la claridad de la información proporcionada por la aplicación.

Tabla 14

Datos consolidados de la validación de la adecuación funcional

Código	Indicador	Pregunta Evaluada	Promedio	% de aceptación
F1	Coherencia	¿El nivel de riesgo coincidía con lo que sentía?	4,44	89%
F2	Conectividad	¿La App se mantuvo conectada sin fallas?	4,89	100%
F3	Utilidad	¿Las recomendaciones de seguridad fueron claras?	5	100%
F4	Código Visual	¿Los colores de alerta fueron fáciles de entender?	4,33	78%
F5	Conciencia	¿Le ayudó a ser consciente del riesgo a largo plazo?	4,89	100%

Fuente: Propia

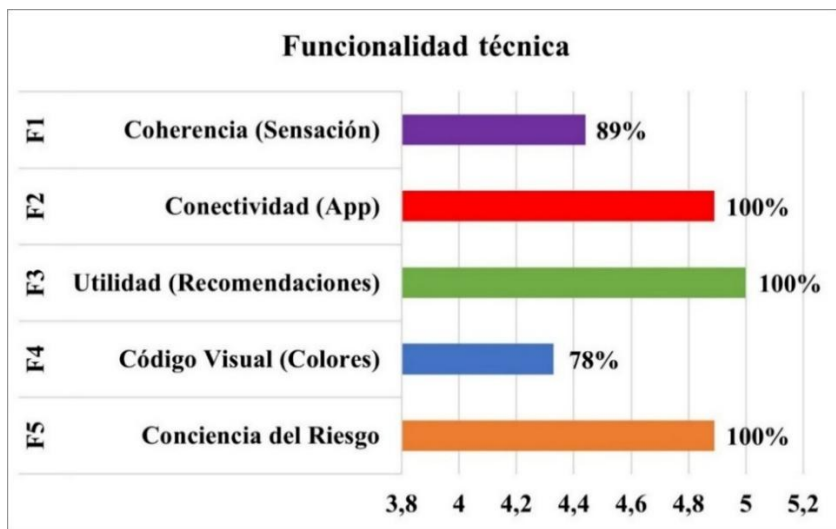
4.4.1 Interpretación de los resultados de funcionalidad

La **Figura 26** presentan los resultados consolidados correspondientes a la dimensión de adecuación funcional, la cual evalúa la eficacia técnica del prototipo en condiciones reales de

operación. Este análisis integra la percepción de los usuarios sobre cinco variables críticas: la precisión de las mediciones, la estabilidad de la conexión inalámbrica (Bluetooth), la utilidad de la información mostrada, la pertinencia del código de alertas visuales y el valor de concienciación generado. Los datos reflejan el nivel de cumplimiento del sistema respecto a los objetivos de monitoreo preventivo planteados inicialmente.

Figura 26

Gráfico de la funcionalidad técnica



Fuente: Propia

El análisis revela que el prototipo ha logrado consolidarse como una herramienta preventiva eficaz, destacando principalmente por la Utilidad (F3: 5) y la Conciencia de Riesgo (F5: 5). Este puntaje perfecto evidencia que la decisión de transformar datos complejos de radiación en un sistema de semáforo fue un acierto total, permitiendo que los operarios comprendan su nivel de riesgo de inmediato sin necesidad de conocimientos técnicos previos.

Con respecto a la Coherencia de las mediciones (F1: 4,44), los resultados obtenidos sirven como fundamento de la fiabilidad técnica del sistema; la elevada aceptación de este indicador valida que el proceso de calibración del sensor fue efectivo, permitiendo que los valores del Índice

UV mostrados en la aplicación mantuvieran una correlación consistente con la radiación ambiental real, esto evidencia que el algoritmo de conversión de voltaje a índice UV operó adecuadamente, sin exhibir desviaciones críticas ni lecturas erráticas que pudieran comprometer la seguridad del usuario. En esta misma línea de robustez técnica, la Conectividad (F2: 4,89) demostró un desempeño sobresaliente, a pesar de las interferencias típicas de un trabajo al aire libre, el módulo ESP32 mantuvo un enlace estable con el dispositivo móvil, validando que la potencia de transmisión es la adecuada para el monitoreo continuo.

No obstante, el estudio también identificó áreas de mejora en la interacción visual, el indicador de Código Visual (F4: 4,33), aunque satisfactorio, fue ligeramente inferior al resto debido al deslumbramiento solar sobre las pantallas móviles, esto sugiere que, si bien la lógica del software es correcta, la legibilidad en exteriores bajo sol cenital presenta retos físicos que podrían mitigarse en el futuro complementando las alertas visuales con señales vibratorias.

4.4.2 Evaluación de la usabilidad

Para validar la interacción entre el operario y el prototipo, se aplicó el modelo de calidad establecido en la norma ISO/IEC 25010, centrándose en la característica de Usabilidad. Los resultados obtenidos se pueden observar en la siguiente tabla que detalla los valores alcanzados para cada uno de los criterios evaluados.

Tabla 15

Datos consolidados de la validación de la usabilidad del prototipo

Código	Indicador	Pregunta Evaluada.	Promedio	% de aceptación
U1	Estética	¿El chaleco resultó cómodo y permitió movimiento?	4,44	89%
U2	Ubicación	¿La App fue fácil de usar desde el primer intento?	4,78	100%

U3	Visibilidad	¿Las letras se leyeron claramente bajo el sol?	4,56	89%
U4	Intuitividad	¿La posición del sensor en el hombro fue adecuada?	4,78	100%
U5	Confort	¿La apariencia del chaleco se ve profesional?	4,78	100%

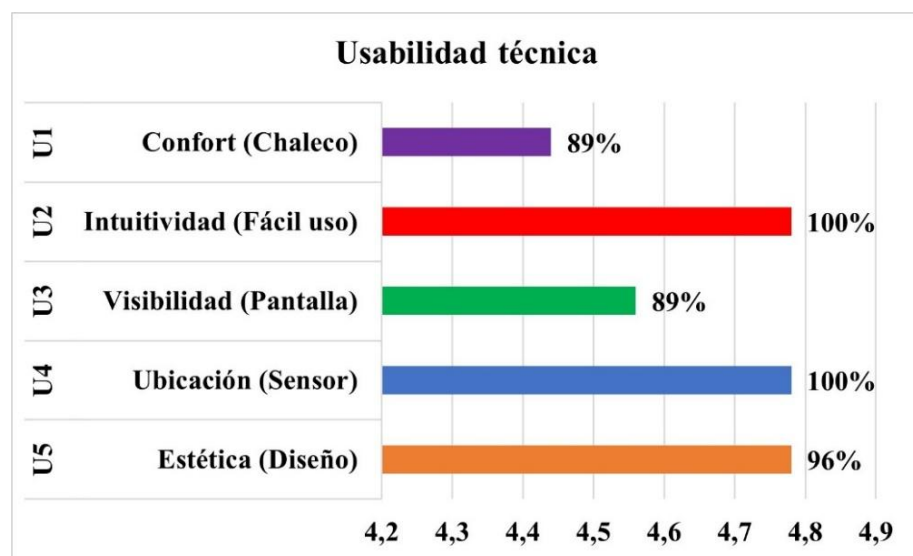
Fuente: Propia

4.4.3 Interpretación de los resultados de la usabilidad

En este apartado se examina la interacción entre el operario y el dispositivo textil bajo criterios de usabilidad evaluando si el diseño biomecánico y la interfaz de la aplicación facilitan su adopción diaria en jornadas extensas. La **Figura 27** detalla la aceptación de aspectos clave como el confort físico, la ubicación de componentes y la facilidad de aprendizaje.

Figura 27

Gráfico de la usabilidad técnica



Fuente: Propia

La evaluación del prototipo resalta dos indicadores: la Ubicación (U4: 5) y la Estética (U5: 5), los cuales alcanzan el nivel más elevado de aceptación, este consenso unánime respalda la afirmación de que la ubicación de la electrónica en la región de la espalda alta constituye una

decisión biomecánica apropiada, ya que asegura la captación directa de la radiación sin perturbar los movimientos repetitivos asociados a la recolección. Paralelamente la Intuitividad (U2: 4,78) evidenció una alta eficacia adaptativa, ya que la automatización del proceso de registro eliminó la curva de aprendizaje, posibilitando que el trabajador emplee el sistema con fluidez desde el primer momento, sin la necesidad de capacitaciones complejas.

Sin embargo, la evaluación de las variables Confort (U1: 4,44) y Visibilidad (U3: 4,56) indica una relación directa entre las condiciones ambientales implicadas y la experiencia del usuario. A pesar de que el sistema demostró ser eficaz, la propiedad aislante del neopreno dio lugar a una leve acumulación de calor tras extensas jornadas de uso. De manera similar, la interfaz gráfica se enfrentó a la problemática de la luminosidad debido a la exposición a la radiación solar directa ocasionando reflejos en las pantallas, lo que llevó a los operadores a buscar ángulos de sombra temporales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó, mediante estudios previos de los efectos de la radiación ultravioleta en la salud y riesgo ocupacional, que los protocolos de seguridad básicos como el uso de equipos de protección personal (gorras, ropa de manga larga) y la aplicación de protectores solares sin monitoreo dosimétrico carecen de efectividad frente a la variabilidad de la radiación solar diaria en el sector agrícola. En respuesta a esta problemática, se estableció que la implementación de un sistema de fácil uso como un textil inteligente constituye una estrategia técnica viable, permitiendo transformar un riesgo físico invisible en una variable cuantificable en tiempo real para la prevención de riesgos físicos.
- Se validó la integración electrónica del prototipo mediante una construcción del hardware basada en el microcontrolador ESP32 y el sensor analógico GUVVA-S12SD, seleccionado por su respuesta espectral de 200-370 nm, cubriendo el rango de la radiación UVB y UVA. Esta configuración demostró una autonomía energética que garantiza el funcionamiento del sistema en jornadas extensas, logrando procesar la señal analógica de voltaje y transmitirla vía Bluetooth hacia una aplicación móvil desarrollada en MIT App Inventor, la cual decodifica los datos en intervalos de 1 segundo para mostrar el índice de riesgo estandarizado por la OMS en tiempo real.
- Se desarrolló una indumentaria técnica funcional tipo chaleco empleando neopreno de 1,9 mm de espesor, material compuesto por un núcleo de policloropreno con recubrimiento de tejido de punto en poliéster y una densidad de 484,8 g/m². A partir de estas propiedades, el proceso de confección y ensamblaje garantizó la integridad estructural de las uniones,

permitiendo un encapsulamiento seguro de los componentes electrónicos frente a las fuerzas generadas por los movimientos bruscos propios de la actividad florícola. Complementariamente, el patronaje realizado en el software Audaces aseguró la ubicación estratégica del hardware y el sensor en la zona superior del hombro para captar la incidencia directa de la radiación solar; esta disposición validó la libre movilidad articular de las extremidades superiores, evitando así comprometer el rendimiento del usuario durante la jornada laboral.

- Los resultados obtenidos demostraron que la exposición a la radiación ultravioleta presenta una variabilidad significativa dependiente de la franja horaria, hecho validado mediante ANOVA y Tukey que permitió identificar al intervalo de 12:00 a 13:00 horas (Rango B) como la ventana de máximo riesgo físico con un promedio de 11,94 UVI, confirmando la naturaleza no homogénea de la radiación solar y clasificando a este rango horario como extremadamente peligroso según el IUV establecido por la OMS. Ante este escenario, la valoración del sistema bajo la norma ISO/IEC 25010 permitió concluir que el prototipo cumple con los estándares de calidad con una aceptación del 100% en Utilidad y Conciencia del Riesgo, validando que, a pesar de presentar una disminución en la legibilidad bajo luz solar directa, la estabilidad en la transmisión Bluetooth y la codificación cromática ratifican la adecuación funcional y la viabilidad del prototipo como herramienta útil para la gestión preventiva en entornos agrícolas

5.2 Recomendaciones

- Se sugiere ampliar el alcance experimental analizando el comportamiento del sistema frente a variables meteorológicas como la nubosidad y la humedad relativa, aunque la tecnología vestible ha validado su efectividad bajo las condiciones controladas del estudio,

la ejecución de pruebas complementarias resulta indispensable para consolidar la robustez del algoritmo de monitoreo, paso que permitiría estandarizar su aplicabilidad como un EPP textil inteligente, apto no solo para la agricultura, sino para diversas actividades profesionales al aire libre.

- Para futuras aplicaciones del hardware, se plantea como mejora la migración hacia una arquitectura basada en sensores digitales, pues a diferencia de la señal analógica del GUVVA-S12SD, la comunicación digital proporciona una inmunidad superior frente al ruido electromagnético de la señal; dicha actualización tecnológica no solo corregiría la precisión metrológica del sistema, sino que preservaría la eficiencia de bajo consumo energético que ya ha sido validada en esta investigación.
- Con el objetivo de optimizar el confort térmico de la indumentaria, se recomienda la implementación de un diseño híbrido que aproveche estratégicamente las propiedades de los materiales: manteniendo la estabilidad dimensional del policloropreno (neopreno) en las zonas de soporte electrónico, pero integrando paneles de textiles técnicos de alta transpirabilidad tipo Mesh en la región dorsal. Esta modificación estructural mitigaría la acumulación de calor identificada en las conclusiones, reduciendo la carga térmica en el usuario sin comprometer la protección de los componentes.
- Se insta a la implementación de protocolos administrativos de control basados en la evidencia estadística del rango horario B, estableciendo rotaciones de personal o pausas de seguridad bajo sombra en el intervalo crítico de 12:00 a 13:00 horas. Simultáneamente, se aconseja potenciar la interfaz de la aplicación móvil integrando sistemas de alerta multisensorial (retroalimentación háptica o sonora) para solventar la limitación de legibilidad bajo alta irradiancia solar detectada en la evaluación ISO 25010, garantizando

así la percepción inmediata del riesgo y permitiendo utilizar el prototipo como herramienta de monitoreo constante para verificar que la dosis de radiación no exceda los límites permisibles establecidos por la OMS en horarios distintos a los estudiados en la presente investigación

ANEXOS

Anexo 1

Código de programación utilizado para la calibración del sensor

```
#include "BluetoothSerial.h"

// 1. CONFIGURACIÓN BLUETOOTH
BluetoothSerial SerialBT;
String nombreDispositivo = "ESP32_UV"; // Debe coincidir con la App

// 2. PIN DEL SENSOR
const int pinSensorUV = 36; // GPIO 36 (VP) - Entrada Analógica

// 3. VARIABLES DE PROCESO
int lecturaADC = 0;
float voltajeSalida = 0.0;
float indiceUV = 0.0;

void setup() {
  // Iniciar comunicación Serial (Debug PC) y Bluetooth (App)
  Serial.begin(115200);
  SerialBT.begin(nombreDispositivo);

  // Configuración del ADC para ESP32 (Rango completo 0 - 3.3V aprox)
  // Esto es crucial para que la ecuación de 3.3V sea válida
  analogSetAttenuation(ADC_11db);

  Serial.println("--- SISTEMA INICIADO ---");
  Serial.println("Esperando conexión con App: " + nombreDispositivo);
}

void loop() {
  // --- PASO 1: FILTRO DE PROMEDIO (Técnica de Suavizado) ---
  // Tomamos 50 muestras (según vi en fragmentos de tu código anterior)
  // para eliminar el ruido eléctrico del sensor.
  long suma = 0;
  for(int i = 0; i < 50; i++) {
    suma += analogRead(pinSensorUV);
    delay(2); // Pequeña pausa entre lecturas
  }
  lecturaADC = suma / 50;
}
```

```

// --- PASO 2: ECUACIONES DE CONVERSIÓN (Según Tesis) ---

// A) Convertir lectura (0-4095) a Voltaje
// Ecuación: Voltaje = (ADC / 4095) * V_Referencia
voltajeSalida = (lecturaADC / 4095.0) * 1.2;

// B) Convertir Voltaje a Índice UV (Linealidad del GUVA-S12SD)
// Ecuación Tesis: IUUV = Voltaje * 10
// Ejemplo: 0.4V = Índice 4
indiceUV = voltajeSalida * 10.0;

// Corrección: El sensor no puede dar negativos, pero el ruido matemático sí.
if (indiceUV < 0) indiceUV = 0.0;

// --- PASO 3: TRANSMISIÓN DE DATOS (PROTOCOLO CSV) ---
// La App espera: "ADC,VOLTAJE,UV"
// No enviamos nombre ni cédula, eso lo pone la App.

if (SerialBT.hasClient()) {
    String tramaDatos = String(lecturaADC) + "," +
                        String(voltajeSalida, 2) + "," +
                        String(indiceUV, 1);

    SerialBT.println(tramaDatos); // 'println' es vital para el fin de línea

    // Debug en Monitor Serial (Solo para ti)
    Serial.print("Enviado a App: ");
    Serial.println(tramaDatos);
} else {
    // Si no hay App conectada, solo mostramos en PC
    Serial.println("Esperando App... | UV: " + String(indiceUV, 1));
}

delay(1000); // Frecuencia de muestreo: 1 segundo
}

```

Fuente: Propia

Anexo 2

Paleta de colores del IUV de acuerdo al riesgo

Risk level	Numerical UVI value ⁽¹⁾	Color code					
		PMS	Hex/HTML	RGB	CMYK	HSL	HSV
Low	$0 \leq \text{UVI} < 3$	375 C	#97D700	151,215,0	30%, 0%, 100%, 16%	78°, 100.0%, 42.2%	78°, 100.0%, 84.3%
Moderate	$3 \leq \text{UVI} < 6$	102 C	#FCE300	252,227,0	0%, 10%, 100%, 1%	54°, 100.0%, 49.4%	54°, 100.0%, 98.8%
High	$6 \leq \text{UVI} < 8$	151 C	#FF8200	255,130,0	0%, 49%, 100%, 0%	31°, 100.0%, 50.0%	31°, 100.0%, 100.0%
Very High	$8 \leq \text{UVI} < 11$	032 C	#EF3340	239,51,64	0%, 79%, 73%, 6%	356°, 85.5%, 56.9%	356°, 78.7%, 93.7%
Extreme	$\text{UVI} \geq 11$	265 C	#9063CD	144,99,205	30%, 52%, 0%, 20%	265°, 51.5%, 59.6%	265°, 51.7%, 80.4%

Fuente: (Luccini et al., 2023)

Anexo 3

Encuesta estructurada en base a la norma ISO 25010 en base a la escala de Likerd

Código	Criterio (ISO/IEC 25010)	Preguntas
F1	Coherencia	El nivel de riesgo mostrado coincidía con la intensidad de sol que yo sentía.
F2	Conectividad	La aplicación se mantuvo conectada al chaleco sin fallas ni errores.
F3	Utilidad	La aplicación entregó recomendaciones de seguridad útiles y claras
F4	Código Visual	Los colores de alerta en la pantalla (Verde/Rojo) fueron fáciles de entender.
F5	Conciencia	Ver los datos me ayudó a ser consciente del riesgo a largo plazo para mi salud.
U1	Estética	El chaleco de neopreno resultó cómodo y permitió libertad de movimiento.
U2	Ubicación	La aplicación fue intuitiva y fácil de usar desde el primer intento.
U3	Visibilidad	Las letras y mensajes en la pantalla se leyeron claramente bajo el sol.
U4	Intuitividad	La ubicación del sensor en el hombro fue adecuada y no estorbó.
U5	Confort	La apariencia y diseño del chaleco se ven profesionales y adecuados.

Nota: Donde los números del 1 al 5 representan, desacuerdo total, desacuerdo, neutral/ni de

acuerdo ni en desacuerdo, acuerdo y acuerdo total, respectivamente. Fuente: Propia

Anexo 4

Evidencia de las pruebas realizadas en el área cultivo de la empresa FLORECOT S. A.



Fuente: Propia

Anexo 5

Certificado otorgado por la empresa FLORECOT S. A. que valida el desarrollo de las pruebas de campo



Cotacachi, 02 de enero de 2026

CERTIFICADO

Por medio de la presente se certifica que el señor **Elvis Orlando Tuquerrez Roldan**, portador de la cédula de ciudadanía N.º **1005042906**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Textil** de la **Universidad Técnica del Norte**, realizó sus **Pruebas de Campo** en el área de **Cultivo**, como parte de su trabajo de titulación denominado:

“Desarrollo de un prototipo textil inteligente para el monitoreo de radiación ultravioleta y la sobreexposición solar”, en la empresa **Flores del Cotacachi FLORECOT S.A.**, desde el **29 de diciembre de 2025** hasta el **02 de enero de 2026**.

Durante este período, el señor **Elvis Tuquerrez** demostró puntualidad, compromiso y responsabilidad en el desempeño de sus actividades dentro de la empresa.

Se extiende el presente certificado para los fines que el interesado estime convenientes.

Atentamente,
Abg. Carmen Ximena Peña
Jefe de Talento Humano
Flores del Cotacachi FLORECOT S.A.

Fuente: Propia