



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

**“TRAJE MONITOREADOR INALÁMBRICO DE CONDICIONES LABORALES,
AMBIENTALES Y ERGONÓMICAS”**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Juan Carlos Chicaiza Yasaca.

TUTOR:

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

Latacunga – Ecuador

Julio – 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chicaiza Yasaca Juan Carlos declaro ser autor del presente proyecto de investigación:
“Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales, Ambientales y Ergonómicos, con su aplicación en la empresa “PROALIMENTOS COTOPAXI”.
Siendo el Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, es de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Chicaiza Yasaca Juan Carlos

C.I. 172317255-5



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales, Ambientales y Ergonómicas”, de **CHICAIZA YASACA JUAN CARLOS**, de la carrera DE **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019

Tutor

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate
C.I. 050325740-4



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Chicaiza Yasaca Juan Carlos, con el título de Proyecto de titulación: **Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales, Ambientales y Ergonómicas**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio de 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. MSc. Xavier Espín
CC: 050226936-8

Lector 2
Nombre: Ing. MSc. Jorge Freire
CC: 050262481-0

Lector 3
Nombre: Ing. MSc. Benjamín Chávez
CC: 171676037-4

AVAL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

✓
En calidad de representante legal de la empresa PROALIMENTOS, avalo que el Proyecto de investigación con título: **“APLICACIÓN DE UN TRAJE MONITOREADOR INALÁMBRICO DE CONDICIONES LABORALES AMBIENTALES Y ERGONÓMICAS EN LA EMPRESA PROALIMENTOS”** de autoría del postulante, Chicaiza Yasaca Juan Carlos con cedula de ciudadanía 172317255-5, de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requerimientos metodológicos y aporte que requiere la empresa para una mejora en su proceso productivo y autorizo LA INVESTIGACIÓN de dicho proyecto en las instalaciones de la empresa Proalimentos.

Latacunga, 20 de junio del 2019



.....
CARMEN AMELIA CÓNDOR ANDAGUA

C.C. 05144899-7

Representante Legal de la Empresa Proalimentos

AGRADECIMIENTO.

Quiero agradecer primeramente a Dios por guiarme, y acompañarme en este sueño solo él sabe todo lo que he superado, a mi madre Anita, que ha estado incondicionalmente a mi lado dándome muchos ánimos, si no fuese por ella no hubiese logrado esta meta, a mi padre Gonzalito que me ha apoyado en todo el proceso de la ingeniería. Ha sido un enorme reto llevar a cabo el desarrollo de esta tesis, iniciando por lo loco que realmente era para las personas. Agradezco a aquellos profesores que me ayudaron a cumplir con este sueño, en especial a la estimada profesora Lidia Cervantes, por confiar en sacar este proyecto y a mi estimado tutor Ángel Hidalgo, por su esmero en acompañarme a culminar con éxito este proceso de titulación. Y un enorme agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, que me abrió muchas puertas, la más grata permitirme estudiar en el extranjero, y culminar con el proyecto. Por último, a la carrera de Ingeniería Industrial y su director Xavier Espín.

Juan Carlos Chicaiza

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios mi familia y a la comunidad universitaria en especial a la carrera de ingeniería industrial, para obtener aires de investigación e innovación en la seguridad industria

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: TRAJE MONITOREADOR INALÁMBRICO DE CONDICIONES LABORALES AMBIENTALES Y ERGONÓMICAS.

Autor: Chicaiza Yasaca Juan Carlos

Resumen

El entorno de trabajo en la industria se ve afectado por el dinamismo de actividades cíclicas, que provocan riesgos laborales físicos, mecánicos, ergonómicos, afectando la inter – relación operario – máquina, causando enfermedades profesionales y accidentes laborales. Para identificar estos problemas, se emplean procedimientos convencionales, demorosos y con equipos costosos. Frente a esta problemática, se presenta un traje monitoreador inalámbrico que, incluyendo sensores ubicados en sitios estratégicos, miden y transmiten el estado de las condiciones ambientales como: iluminación, temperatura, humedad, y ruido. Además, condiciones ergonómicas como: posturas y cargas forzadas propias del trabajador facilitando la identificación de riesgos rápidamente y oportunamente.

Esta propuesta tecnológica se ha hecho realidad implementando y transfiriendo datos basados en la tecnología IoT, los cuales son visualizados en una plataforma virtual llamada Plot.ly. Para las variables ergonómicas se han integrado acelerómetros en nodos estratégicos del cuerpo humano, que se comunican a un micro-procesador generando una interface virtual humana en tiempo real por la plataforma de videojuegos llamada Unity. La relevancia de este proyecto radica en la rapidez y facilidad de identificación de riesgos laborales de un puesto de trabajo, disminuyendo los costos y pudiendo hacerlo desde cualquier parte de la industria a través del internet.

Tutor

Nombre: Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

C.I. 0503257404

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: SUIT MONITORING WIRELESS OF ENVIRONMENTAL LABOUR CONDITIONS AND ERGONOMIC.

Author: Chicaiza Yasaca Juan Carlos

ABSTRACT

Work surroundings in the industry is being affected by dynamism of cyclic activities, that cause physical, mechanical, ergonomic risks affecting the relationship between operator and machine, causing professional illnesses and occupational accidents. In order to identify these problems, conventional procedures, which are slow and expensive, are being used. Due to this problematic, it is presented a wireless monitoring suit, which includes sensors located in specific places, measuring and transmitting the status of environmental conditions, such as: amount of light, temperature, humidity, and level of noise. In addition, ergonomic conditions such as: worker's postures and forced loads making easier to identify of risks quickly and well timed.

This technological proposal has been implemented, transmitting data based in the IoT technology. The information is visualized in a virtual platform so-called Plot.ly. For ergonomic variables the suit has already integrated accelerometers in strategic nodes of the human body. They can communicate with a microprocessor generating a virtual human interface in real time through a video games platform named Unity. The importance of this proposal highlights due to it makes fast and easy identification of risks in any work place. It allows to reduce cost and monitor the activity from any part of the industry through the internet.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado **CHICAIZA YASACA JUAN CARLOS** de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa **“TRAJE MONITOREADOR INALÁMBRICO DE CONDICIONES LABORALES, AMBIENTALES Y ERGONÓMICAS”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al **peticionario** hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 24 de Julio del 2019

Atentamente,

Lcda. Ana Jacqueline Guamaní Aymacaña
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 1803239183



**CENTRO
DE IDIOMAS**

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE LA EMPRESA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE.....	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción.....	3
2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA	4

2.6.1. Situación problemática:	4
2.6.2. Problema	4
2.7. HIPÓTESIS.....	7
2.8. OBJETIVO(S).....	7
2.8.1. Objetivo General	7
2.8.1. Objetivos Específicos.....	7
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	8
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1. Seguridad e Higiene Industrial.....	10
3.2. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores decreto ejecutivo 2393	10
3.3. Condiciones Laborales	10
3.4. Ergonomía	11
3.4.1. Ergonomía Ambiental.....	12
3.5. Riesgos Físicos.....	12
3.5.1. Iluminación	12
3.5.2. Ruido.....	13
3.5.2.1. Hipoacusia	14
3.5.3. Temperatura	14
3.5.3.1. Estrés Térmico	15
3.6. Factores Individuales de riesgo	15
3.7. Efectos sobre la salud de la exposición al calor	15
3.8. Estudios Ergonómicos	15
3.8.1. REBA	16

3.8.2.	RULA	16
3.9.	Introducción de la Tecnología en la Ergonomía	17
3.10.	IoT	18
3.11.	Herramientas del IoT	20
3.11.1.	Hardware IoT	20
3.11.2.	Raspberry Pi	20
3.11.2.1.	Tipos de Raspberry Pi	21
3.11.3.	Photon de Particle	22
3.11.4.	Software IoT	22
3.11.5.	Osc Data	23
3.11.6.	Unity	23
3.11.7.	Plotly	23
4.	METODOLOGÍA	24
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
5.1.	Cumplimiento del objetivo 1	27
5.1.1.	Actividad “Determinación sobre los niveles legales de variables ambientales en un entorno laboral.”	27
5.1.2.	Actividad “Determinación de los niveles de actuación de carga postural y posturas forzadas.”	37
5.2.	Cumplimiento del objetivo 2	40
5.2.1.	Actividad “Estudio de los sensores aplicables en el traje monitoreador inalámbrico.”	40
5.2.2.	Actividad “Estudio de micro-procesadores IoT.”	50
5.2.3.	Actividad “Conexión del sistema software y hardware del traje monitoreador inalámbrico.”	54

5.3.	Cumplimiento del objetivo 3.....	64
5.3.1.	Actividad “Selección de un traje adecuado para actividades laborales”	65
5.3.2.	Actividad “Determinación de la ubicación de los elementos IoT en el traje.”	66
5.3.3.	Instalación en el traje de sensores / microprocesadores.”	68
5.4.	Cumplimiento del objetivo 4.....	69
5.4.1.	“Actividad. Análisis de las variables de riesgos físicos Ambientales y Ergonómicos.....	70
5.5.	Discusión de resultados	70
6.	PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	86
6.1.	Presupuesto	86
6.2.	Análisis de impactos	87
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
8.	REFERENCIAS	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Variables de condiciones de trabajo.....	11
Figura 3. 2. Dimensiones de la ergonomía	12
Figura 3. 3. Concepto de IoT.....	19
Figura 3. 4. Hardware IoT	20
Figura 3. 5. Raspberry Pi.....	21
Figura 3. 6. Photon de Particle	22
Figura 5. 1. Efectos de la Iluminación inadecuada.....	33
Figura 5. 2. Procedimientos para el nivel de actuación REBA	38
Figura 5. 3. Procedimientos para el nivel de actuación RULA	39
Figura 5. 4. Resistencia de la célula en función de la iluminancia.....	41
Figura 5. 5. Fototransistor	42
Figura 5. 6. Corriente de colector luz.....	43
Figura 5. 7. Prototipo a base de flexo sensor.....	48
Figura 5. 8. IMU Shield Photon	49
Figura 5. 9. Photon de particle	51
Figura 5. 10. Raspberry Pi 3B	52
Figura 5. 11. Integrado MCP3008.....	53
Figura 5. 12. Batería Lipo 3200 m.A	55
Figura 5. 13. Conjunto de Nodos	56
Figura 5. 14. Interface Photon Build	57
Figura 5. 15. Conexión a puertos Osc	57
Figura 5. 16. Devices Photon	58

Figura 5. 17. Conexión Osc con los fotones.....	59
Figura 5. 18. Humanoide Virtual.....	60
Figura 5. 19. Elementos de captación Temperatura y Humedad.....	61
Figura 5. 20. Elementos de captación de ruido	61
Figura 5. 21. Elementos de captación de iluminación.....	62
Figura 5. 22. Interface Plotly.....	63
Figura 5. 23. Canales de visualización	63
Figura 5. 24. Api Keys de comunicación	64
Figura 5. 25. Tecnología IoT del traje.....	64
Figura 5. 26. Ubicación de la Tecnología IoT en el traje.....	66
Figura 5. 27. Humanoide virtual.....	70
Figura 5. 28. Trabajador Proalimentos S.A.....	71
Figura 5. 29. Ángulos del tronco A Ergonautas.....	72
Figura 5. 30. Ángulos del tronco A Traje Monitoreador.....	72
Figura 5. 31. Ángulos del tronco B Ergonautas	72
Figura 5. 32. Ángulos del tronco B Traje Monitoreador.....	73
Figura 5. 33. Ángulos del cuello A Ergonautas.....	73
Figura 5. 34. Ángulos del cuello A Traje Monitoreador	74
Figura 5. 35. Ángulos del cuello B Ergonautas.....	74
Figura 5. 36. Ángulos del cuello B Traje Monitoreador	74
Figura 5. 37. Ángulos de las piernas A Ergonautas	75
Figura 5. 38. Ángulos de las piernas A Traje Monitoreador	75
Figura 5. 39. Ángulos de las piernas B Ergonautas.....	76
Figura 5. 40. Ángulos de las piernas B Traje Monitoreador	76

Figura 5. 41. Ángulos del brazo A Ergonautas	76
Figura 5. 42. Ángulos del brazo A Traje Monitoreador	77
Figura 5. 43. Ángulos del brazo B Ergonautas.....	77
Figura 5. 44. Ángulos del brazo B Traje Monitoreador	77
Figura 5. 45. Ángulos de la muñeca Ergonautas.....	78
Figura 5. 46. Ángulos de la muñeca Traje Monitoreador.....	78
Figura 5. 47. Humedad generada por Plotly.....	79
Figura 5. 48. Temperatura y Humedad generado por Plotly	79
Figura 5. 49. Interface Plotly de condiciones ambientales.....	80
Figura 5. 50. Sensores en acción Plotly.....	80
Figura 5. 51. Ruido, Iluminación, Temperatura y Humedad Plotly	81
Figura 5. 52. Análisis de Tiempos con otros sistemas	84
Figura 5. 53. Análisis de costos con otros sistemas	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Objetivos, actividades y resultados	8
Tabla 3. 1. Tipos de ruido en función del tiempo	13
Tabla 3. 2. Grupos corporales y variables analizadas por el método REBA.....	16
Tabla 3. 3. Grupos corporales y variables analizadas con el método RULA	17
Tabla 3. 4. Sensores IoT	23
Tabla 5. 1. Nivel sonoro en función del tiempo de exposición	28
Tabla 5. 2. Nivel de presión sonora máxima	29
Tabla 5. 3. Hipoacusia, nivel de audición.....	29
Tabla 5. 4. Niveles de iluminación mínima en actividades	30
Tabla 5. 5. Niveles de riesgos de iluminación	32
Tabla 5. 6. Efectos de humedad en los trabajadores.....	34
Tabla 5. 7. Temperatura, humedad y velocidad del aire por el tipo de trabajo	34
Tabla 5. 8. Efectos locales y generales por frio.....	35
Tabla 5. 9. Permanencia y descanso de acuerdo a la temperatura.....	36
Tabla 5. 10. Carga de trabajo de conformidad al TGHB.....	37
Tabla 5. 11. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.....	38
Tabla 5. 12. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.....	39
Tabla 5. 13. Temperatura mínima y máxima en fotorresistencias.....	41
Tabla 5. 14. Iluminación mínima y máxima en fotorresistencias.....	43
Tabla 5. 15. Características del sensor TEMT 6000.....	44
Tabla 5. 16. Ruido mínimo y máximo en KY – 038	44

Tabla 5. 17. Temperatura 2393 vs DHT 11	45
Tabla 5. 18. Humedad 2393 vs DHT 11	45
Tabla 5. 19. Humedad 2393 vs DHT 22.....	45
Tabla 5. 20. Temperatura 2393 vs DHT 22	45
Tabla 5. 21. Comparativa DHT22 vs DHT 11.....	46
Tabla 5. 22. Ángulos mínimos flexo sensor vs REBA	47
Tabla 5. 23. Ángulos mínimos flexo sensor vs RULA.....	48
Tabla 5. 24. Ángulos mínimos IMU Shield PHOTON vs REBA	50
Tabla 5. 25. Características del Photon de Particle	51
Tabla 5. 26. Características del Raspberry Pi 3B	52
Tabla 5. 27. Tecnologías y Justificación del Hardware.....	55
Tabla 5. 28. Identificación de riesgos laborales vs Elementos IoT	62
Tabla 5. 29. Tipos de trajes según la actividad en el entorno.....	65
Tabla 5. 30. Justificación del sensor y microprocesador en el traje	66
Tabla 5. 31. Porta sensor con su respectivo detalle	68
Tabla 5. 32. Análisis de tiempos de monitoreo por proyectos similares	82
Tabla 5. 33. Análisis de costoss de monitoreo por proyectos similares	82
Tabla 5. 34. Costos por análisis de métodos ambientales y ergonómicos.....	82
Tabla 6. 1. Presupuesto del proyecto	86

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Juan Carlos Chicaiza Yasaca

TEMA APROBADO:

Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales Ambientales y Ergonómicas.

CARRERA:

Ingeniería Industrial

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

EQUIPO DE TRABAJO:

Investigador: Juan Carlos Chicaiza Yasaca

Correo: juan.chicaiza5@utc.edu.ec

Tutor: Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

Correo: angel.hidalgo@utc.edu.ec

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Ciudad: Latacunga

Sector: La Matriz

Provincia: Cotopaxi

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

Septiembre 2018 – Agosto 2019

FECHA DE ENTREGA:

Agosto 2019

LINEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA EL PROYECTO:

Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Seguridad industrial, Salud ocupacional y Medio Ambiente.

Sub-líneas de investigación de la Carrera de Ingeniera Industrial

Evaluación de riesgos laborales.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

El presente proyecto se considera como un avance tecnológico en la creación de nuevas tecnologías para la identificación de riesgos ambientales y ergonómicos de una manera virtual e inalámbrica en tiempo real para que el técnico de seguridad industrial los evalúe completamente y puntualmente.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales Ambientales y Ergonómicas.

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

- a) Multipropósito
- b) Interdisciplinar
- c) Desarrollo

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Campo: (3300) Ciencias tecnológicas (UNESCO)

Disciplina: (3310) Tecnología industrial (UNESCO)

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La industria moderna, contiene puestos de trabajo con procesos cíclicos, que no están adecuados, afectando la inter – relación, operario – máquina en el entorno del trabajo, provocando actividades inseguras en ambientes inadecuados, y causando la presencia de enfermedades, accidentes profesionales, y demora en las líneas de producción. Para la corrección de estos problemas, se emplean procedimientos de estudios convencionales que son demorosos con equipos costosos. Para contribuir a la solución de la problemática contextualizada se presenta un traje monitoreador inalámbrico de condiciones laborales ambientales y ergonómicas, que, conteniendo sensores ubicados en sitios estratégicos del traje, transmiten variables, y en función de ellas se determinan las condiciones ambientales y ergonómicas propias del trabajador en su entorno y en tiempo real, con la facilidad de

identificarlos de manera rápida y atractiva. Todo esto se hace realidad con la transferencia de datos (IoT) y los procedimientos de evaluación Ergonómicos y Ambientales, que mediante la visualización de las mismas variables en el entorno del trabajo se grafica en una plataforma virtual llamada Plotly. Mientras que para obtener resultados Ergonómicos propios de la persona se integran acelerómetros en partes estratégicas del traje que conjuntamente con la comunicación inalámbrica a un microprocesador se genera una interfase humana de manera virtual y en tiempo real en una plataforma de videojuegos llamada Unity. La relevancia de este proyecto es el cambio de procedimientos con la misma metodología de dimensionamiento cuantitativo de evaluaciones en estudios Ergonómicos y Ambientales, como la construcción del entorno de trabajo en tiempo real y de manera virtual inalámbrica propia del mismo disminuyendo los costos y tiempos en el análisis de puestos de trabajo en la industria moderna. Todo este proceso genera un fácil alcance de los trabajadores a la Seguridad y Salud Ocupacional previniendo los diferentes riesgos presentes en el trabajo y pudiendo hacer realidad su análisis desde cualquier parte de la industria siempre y cuando tenga acceso al internet y a las plataformas virtuales.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Las metodologías propuestas para el análisis de riesgos laborales en la industria han quedado en dos escollos problemático: costos y tiempos de análisis, esto ha repercutido, en la dificultad para identificar riesgos laborales Ambientales y Ergonómicos, dejando a un lado la seguridad del trabajador. El presente proyecto a través del estudio de la Ergonomía, la Seguridad y Salud Ocupacional pretende solucionar con la aplicación del traje monitoreador inalámbrico en la interrelación Hombre – Máquina, siendo su objetivo principal identificar los riesgos ambientales y ergonómicos de manera rápida y económica utilizando los mismos métodos de determinación de los mismos.

2.5.2. Campo de acción

El proyecto se lo involucra directamente a un puesto de trabajo pudiendo ver de manera virtual e inalámbrica la inter – relación entre el hombre y su entorno con las variables Ambientales y Ergonómicas para poderlas analizar y determinar la identificación de riesgos laborales en su actividad de trabajo.

2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática:

La identificación de riesgos laborales Ambientales y Ergonómicos son determinados de manera imprecisa, lenta, sin una interface apropiada del comportamiento del trabajador provocando altos costos y extensos tiempos de identificación de riesgos laborales en el puesto de trabajo.

2.6.2. Problema

A nivel mundial se calcula que alrededor de 2 millones de personas mueren anualmente por accidentes laborales siendo la causa principal de muerte las enfermedades profesionales[1], son factores que se enlazan paralelamente con las malas condiciones en el puesto de trabajo, afectando al trabajador de manera física y emocional. Los accidentes y enfermedades profesionales son aquellas contraídas por la exposición a factores de riesgo que resulten de la actividad laboral [2] muchas veces se ponen en operación líneas de producción con puestos de trabajo mal diseñados, por lo que es necesario realizar una reingeniería para acondicionarlo de acuerdo a los reglamentos y normas de seguridad que rigen en determinados países. El conjunto de factores que se relacionan suelen ser en su mayoría; el ambiente laboral y la ergonomía, el correcto control de estas variables conlleva a la industria a corregir y prevenir factores de riesgos laborales inherentes, ejecutando métodos, técnicas, herramientas y dando viabilidad a un correcto rediseño y toma de decisiones, con el fin de ir mejorando paralelamente tanto la seguridad del trabajador como la eficiencia en de la producción. No obstante, para cumplir con su objetivo, se requiere que la ergonomía en América Latina resuelva los problemas asociados a la necesidad de formación de formadores que tengan la competencia para hacer frente a las tres dimensiones de análisis ergonómico del trabajo humano, con el fin de reconocer las deficiencias en los procesos de producción y de los productos que se desarrollan a un ritmo vertiginoso[2].

Las condiciones laborales en la industria contienen temas de interés como la Seguridad y Salud Ocupacional, dentro de este tema se involucra y valora, factores que intervienen en la calidad de vida del trabajador que paralelamente trabaja con la Ergonomía. Un tema crítico que en Latinoamérica y el Caribe ha quedado estancado es el estudio de la identificación de riesgos con los mismos procedimientos con poca investigación y aplicación práctica, sin repercutir en los sectores productivos industriales [3]. Por este motivo, ha existido en los

últimos siglos la demanda de generar un suministro de soluciones que cambien los métodos, técnicas y herramientas, para darle combate a las necesidades de la sociedad moderna industrial [4]. Sin embargo, existen limitaciones por el alto costo de adquirir módulos de evaluación de puestos de trabajo, que contienen desventajas como; la falta de personal entrenado para operarlos, el tiempo de medición de registro y el procesamiento de la información que va desde un mínimo de 45 minutos, [5] y su escasa concientización en los empleadores y los trabajadores que a la final repercute directamente en el trabajador y en la misma organización.

El presente proyecto es un avance tecnológico en la contribución de satisfacer las necesidades de la Ergonomía y calidad de vida del trabajador, en la empresa situada en Latacunga conocida por el nombre de “Proalimentos S.A.” siendo que su aplicación en la evaluación de puestos de trabajo es a través del traje que monitorea variables Ambientales y Ergonómicas permitiendo conocer las condiciones propias del colaborador en tiempo real y de manera inalámbrica. Trae beneficios como la disminución del tiempo de medición y registro de las variables estos fueron inferiores a la convencional, como su costo total reducido a la mitad respecto a los modelos de medida, en pocos de los instrumentos convencionales, la innovación tecnológica de la propuesta beneficia a los empleadores en actuar, prevenir frente a los diferentes riesgos, siendo una opción económica y fácil de utilizarla.

La propuesta tecnológica tiene un alcance amplio a la obtención de diferentes variables como la temperatura, humedad, iluminación, ruido, valores angulares de las extremidades de un trabajador. Mediante la identificación de riesgos Ergonómicos y Ambientales se analizará potenciales decisiones a tomar respecto a la adecuada Seguridad y Salud Ocupacional en la organización “Proalimentos S.A.” ubicada en Latacunga.

La ergonomía es una disciplina científica en las interacciones entre los operadores y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos, para diseñar, optimizar el bienestar y el rendimiento del sistema como un todo. [6]Hoy día, la Calidad de Vida Laboral (CVL) es un tema de gran interés, dado que engloba todos los esfuerzos para incrementar la productividad, mejorar el bienestar de los empleados y su entorno. Su medición es un desafío debido a su carácter dinámico, complejo y multidimensional. [7]

El procesamiento de información es un eslabón más en el proceso de construcción de conocimiento con soporte tecnológico. En este eslabón sería la construcción de las

comunidades virtuales, donde se establecen normas concretas a interacción y acción. Por tal razón nace el proyecto ERGOWORK, que a largo plazo podrá generar resultados que permitan establecer recomendaciones para el sistema educativo europeo mediante la formulación de políticas y propuestas de cooperación que permitirán asegurar el desarrollo sostenible de la Ergonomía.

La implementación de diseños universales en las empresas, con especial atención a los puestos de trabajo, generan un importante nicho de empleo además de contribuir a la mejora integral de las personas que trabajan en estos entornos laborales, con un mayor nivel de satisfacción y consecuentemente de productividad. [8]

La Termografía Infrarroja y el Método REBA métodos de evaluación de condiciones laborales ergonómicas presentan convergencia como métodos para evaluar los riesgos biomecánicos de una actividad, pudiéndose concluir que la termografía infrarroja puede utilizarse como método para evaluar los riesgos a sufrir de lesiones músculo-esqueléticas asociados a una actividad; sin embargo, es importante resaltar que el estudio no es concluyente y que deben aún realizarse una serie de pruebas para demostrar estadísticamente su confiabilidad como método de valoración ergonómica. [9] Se puede decir que es preciso, pero no confiable en la aplicación ergonómica su tiempo de registro es de 8 a 10 segundos por persona y tiene un máximo costo de \$ 35000 también su método de medición es indirecto. [10]

El SYMCAD otro método para analizar y valorar condiciones laborales ergonómicas, no utiliza láser ni otro tipo de radiaciones nocivas. El dispositivo de captura de datos es fijo (no hay piezas en movimiento) dando resultados seguros y de fácil entendimiento. Su tecnología patentada de adquisición en 3D se basa en la técnica de proyección de franjas con luz natural. Extrae las medidas peculiares delimitadas por marcadores dispuestos sobre puntos anatómicos, las cuales detecta e identifica automáticamente y calcula las medidas antropométricas adecuadas (perímetros, alturas, longitudes. Siendo un método de medición indirecto y preciso donde es posible captar más de 200 dimensiones y con un tiempo de registro de 8 a 10 segundos por trabajador, teniendo un costo máximo de \$35000. [10]

El 3D Body Scanner está compuesto por cuatro columnas, y ha sido tomado como interface de evaluación de condiciones de trabajo laborales [5] cada una de las cuales incluye dos cámaras y un láser. Las unidades se fijan en el suelo. Solo son necesarios 8 segundos para explorar la totalidad del cuerpo humano. Para ello, el cliente debe desvestirse y permanecer de

pie en una postura natural. El sistema detecta la superficie del cuerpo humano y reproduce en la computadora una representación tridimensional, la desventaja de este instrumento es su instalación en el puesto de trabajo y se necesita personal capacitado, en general este instrumento mide de forma indirecta es preciso y son 8 segundos necesarios para registrar los valores tiene un costo máximo de \$ 35000.[10]

Para la realización de estudios antropométricos se utilizan: instrumentos manuales, la termografía infrarroja, el SYMCAD, el BodyScanner, la medición con fotografías, en el análisis crítico comparativo de estas técnicas, tomando en consideración las dimensiones antropométricas que permiten captar, el costo de adquisición, el entrenamiento que requiere el personal que debe realizar las mediciones, la precisión, el tiempo de medición y la necesidad de transportar a los sujetos a ser estudiados, se considera que la tecnología para la captación de los datos antropométricos que en estos momentos ofrece las mayores posibilidades para esta investigación[10]. En Ecuador es la medición por fotografía es el principal método de análisis de condiciones laborales ergonómicas.

2.7. HIPÓTESIS

¿El traje monitoreador inalámbrico podrá identificar riesgos laborales ambientales y ergonómicos de un puesto de trabajo de manera más rápida respecto la convencional?

2.8. OBJETIVO(S)

2.8.1. Objetivo General

Construir un traje monitoreador inalámbrico para identificar los riesgos ambientales y ergonómicos, empleando IoT para la gestión de datos y los procedimientos de valoración cuantitativos tradicionales.

2.8.1. Objetivos Específicos

Estudiar los riesgos Ambientales y Ergonómicos para identificar los niveles adecuados de actuación, según la metodología de carga postural, posturas forzadas y variables físicas a través del reglamento 2393.

Diseñar la red de sensores y comunicación basados en IoT para monitorear Condiciones laborales, Ambientales y Ergonómicas a través de la interacción y ploteo con plataformas virtuales.

Desarrollar la estructura física del traje monitoreador inalámbrico para que sea posible captar variables Ergonómicas y Ambientales mediante la ubicación de varios sensores en sitios estratégicos.

Monitorear con el traje las condiciones laborales de un puesto de trabajo para identificar variables Ambientales y Ergonómicas usando metodologías de valoración cuantitativas.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2. 1. Objetivos, actividades y resultados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Estudiar los riesgos Ambientales y Ergonómicos para identificar los niveles adecuados de actuación, según la metodología de carga postural, posturas forzadas y variables físicas a través del reglamento 2393.	Determinación sobre los niveles legales de variables físicas en un entorno laboral.	Recolección bibliográfica de datos respecto al ambiente laboral.	Niveles adecuados de Ruido, Iluminación, Temperatura y Humedad.
	Determinación de los niveles de actuación de carga postural y posturas forzadas.	Análisis de las metodologías de evaluación Ergonómica.	Niveles de actuación en REBA, RULA.
Diseñar la red de sensores y comunicación basados en IoT para monitorear Condiciones laborales,	Estudio de los sensores aplicables en el traje monitoreador inalámbrico.	Análisis de cada uno de los sensores y variables, entorno a condiciones ambientales y ergonómicas.	Obtención de sensores óptimos a captar variables ambientales y ergonómicas.
	Estudio de micro-	Análisis de	Obtención de

Ambientales y Ergonómicas a través de la interacción y ploteo con plataformas virtuales.	procesadores IoT.	microprocesadores aptos para su comunicación inalámbrica.	comunicación inalámbrica en todo el sistema.
	Conexión del sistema software y hardware del traje monitreador inalámbrico.	Programación del sistema inalámbrico de condiciones laborales.	Funcionamiento de las interfaces y plataformas virtuales con sus elementos físicos.
Desarrollar la estructura física del traje monitreador inalámbrico para que sea posible captar variables Ergonómicas y Ambientales mediante la ubicación de varios sensores en sitios estratégicos.	Selección de un traje adecuado para actividades laborales.	Análisis de los tipos de ropa para trabajo.	Elección de la ropa apropiada para las condiciones del proyecto.
	Determinación de la ubicación de los elementos IoT en el traje.	Bosquejo del traje justificando la ubicación de los elementos.	Construcción de los acopladores para los elementos IoT en el traje.
	Instalación en el traje de sensores / microprocesadores.	Unión cada uno de los elementos.	Desarrollo del traje monitreador inalámbrico.

<p>Monitorear con el traje las condiciones laborales de un puesto de trabajo para identificar variables Ambientales y Ergonómicas usando metodologías de valoración cuantitativas.</p>	<p>Análisis de las variables de riesgos físicos Ambientales y Ergonómicos.</p>	<p>Metodologías de valoración ambientales (Decreto 2393) y ergonómicas (Posturas Forzadas) .</p>	<p>Identificación de riesgos laborales ambientales y ergonómicos.</p>
---	--	--	---

Fuente: [3]

3. MARCO TEÓRICO

3.1.Seguridad e Higiene Industrial

Son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que interviene en los procesos y actividades de trabajo. Tiene como objetivo establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo.[11]

3.2.Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores decreto ejecutivo 2393

En el Título I del reglamento de seguridad menciona que es un documento donde: “Estas disposiciones se aplicarán a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

3.3.Condiciones Laborales

Un objetivo básico de la seguridad y la salud es proteger a los trabajadores de los peligros en el lugar de trabajo que puedan generar muerte, enfermedad o invalidez.[12] Por ende las medidas que se utiliza para mitigar el riesgos son acogidas con el fin de poder crear,

modificar, un ambiente óptimo adecuado para los trabajadores con entornos saludables y seguros, esto repercute que al final del camino exista una organización de calidad, responsabilidad y productiva en sus operaciones.[13]

El constante cambio y generación de nuevas plazas de trabajo conlleva el desconocimiento de cuáles son las presentes condiciones laborales en un trabajador, por ello existen reglamentos, en el caso nacional el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo 2393, que menciona en el artículo 3, del ministerio de trabajo, “Mantener relaciones con Organismos Internacionales y con los otros países en materias de prevención de riesgos del trabajo y mejoramiento de las condiciones del medio ambiente laboral.” [14]

Las condiciones laborales se las puede definir como, el conjunto de variables que definen la realización de una tarea en un entorno determinando la salud del trabajador en función de tres variables: física, psicológica y social.[15]

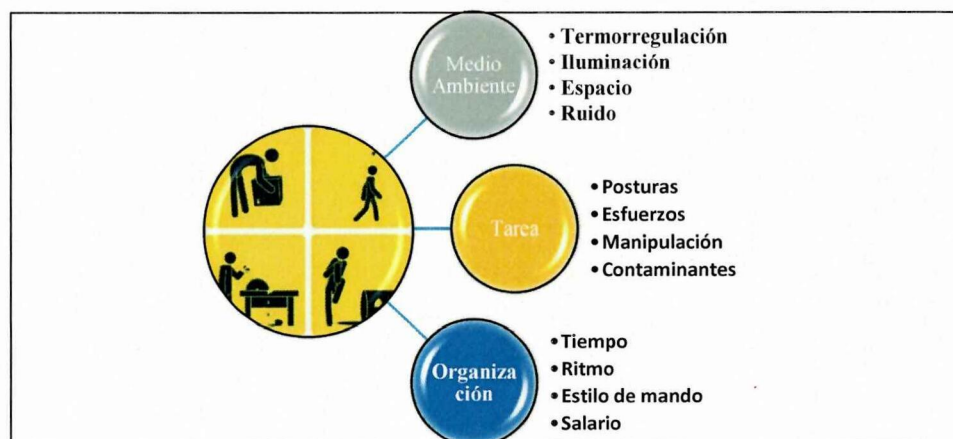


Figura 3. 1. Variables de condiciones de trabajo

Fuente: [15]

3.4. Ergonomía

En los últimos siglos ha estado exigiendo de la ergonomía el suministro de soluciones a través de conceptos, métodos, técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna. [4] La ergonomía (o factores humanos) se define como una disciplina científica en la comprensión de las interacciones entre los operadores y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar, para optimizar el bienestar y el rendimiento del sistema como un todo.[16] en esta concepción menciona tres componentes. Según la Figura 3.3.

Ergonomía Física	Ergonomía Cognitiva	Ergonomía Organizacional
<input type="checkbox"/> Se ocupa de la anatomía humana y las características biomecánicas y cómo éstas se relacionan con la actividad física.	<input type="checkbox"/> Se relaciona con los procesos mentales como la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motora, y cómo éstas afectan a las interacciones entre los trabajadores y los demás elementos del sistema.	<input type="checkbox"/> Se refiere a la optimización de los sistemas socio-técnicos, incluyendo sus estructuras y procesos políticos de la organización.

Figura 3. 2. Dimensiones de la ergonomía

Fuente: [4]

3.4.1. Ergonomía Ambiental

Son factores físicos del medio ambiente natural en el ámbito del trabajo, que muchas veces se presenta de la misma forma o de manera modificada por el proceso de producción siendo que a veces puede repercutir negativamente en la salud del trabajador, trayendo enfermedades profesionales a corto y largo plazo.[15]

3.5.Riesgos Físicos

Amenaza potencial a la salud del trabajador, proveniente de una desarmonía entre el trabajador, la actividad y las condiciones inmediatas de trabajo que pueden materializarse y actualizarse en daños ocupacionales. [17]

- Ruido
- Temperatura
- Humedad
- Iluminación

La iluminación en un puesto de trabajo es de suma importancia y más aún donde el trabajo ocurre en la noche ya que necesita de mucha más atención. Una buena iluminación aumenta la productividad, genera un ambiente placentero y asegura la seguridad de los trabajadores.[18]

3.5.1. Iluminación

Se define como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa que cae en determinado tiempo sobre una superficie. Dicha cantidad se expresa en lux; un lux es la iluminación producida por un lumen en un metro cuadrado de superficie.[17]

También la iluminación de un lugar de trabajo puede ser general y localizada:

- i. Iluminación general es la que proviene de las lámparas del techo y de las paredes y trata de conseguir una cantidad de luz uniforme en toda una zona independiente de los puestos de trabajo o cambiados en la forma que se desee.
- ii. Iluminación localizada tiene por objeto, cuando la general es más o menos moderada, disponer de un mayor nivel de luz en aquellos puestos de trabajo que lo requieran.

3.5.2. Ruido

El ruido se define como un sonido no deseado e intempestivo y por lo tanto molesto, desagradable y perturbador. El nivel de ruido se mide en decibelios dB.[15]

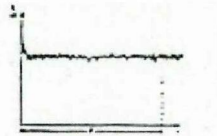

Para el ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según el reglamento ecuatoriano decreto ejecutivo 2393.[14]

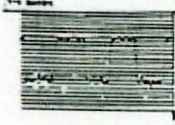

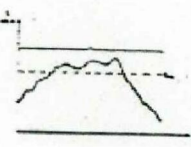

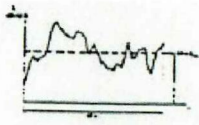

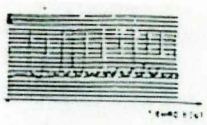

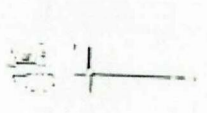

Las personas sometidas a altos niveles de ruido aparte de sufrir pérdidas de su capacidad auditiva pueden llegar a la sordera, acusan una fatiga nerviosa que es origen de una disminución de la eficiencia humana tanto en el trabajo intelectual como en el manual.

Los elementos indispensables para que exista ruido son:

- i. Fuente Sonora
- ii. Camino de transmisión
- iii. Receptor

Tabla 3. 1. Tipos de ruido en función del tiempo

Tipo de Ruido	Ejemplo	Definición
Continuo Constante 	Ventilación 	El nivel de presión sonora no fluctúa con el tiempo.
Continuo Intermitente	Compresor	Idem, no fluctúa en un margen moderado.

		
Transitorio	Avión	
		Fluctúa en periodos aislados.
Fluctuante no periódico	Ambiente Industrial	
		Totalmente aleatorio con grandes variaciones.
Impulsivo Repetitivo	Prensa	
		Golpes repetidos análogos.
Impulsivo Simple	Disparo	
		Golpes aislados.

Fuente: [19]

3.5.2.1. Hipoacusia

Se llama hipoacusia a la disminución de la capacidad auditiva. Esta patología afecta a los dos oídos por igual de manera irreversible, es decir, no hay forma de recuperar la capacidad auditiva perdida. [20]

3.5.3. Temperatura

La causa del problema no es sólo la elevada temperatura, sino la acumulación excesiva de calor en el organismo, que se puede producir tanto por las altas temperaturas, como por el calor que genera el cuerpo en actividades físicas intensas. Además, existen factores personales

que incrementan el riesgo de accidente como, por ejemplo, que los trabajadores puedan padecer dolencias previas (enfermedades cardiovasculares o respiratorias, diabetes, etc.)[21]

3.5.3.1.Estrés Térmico

El término estrés térmico se ha utilizado de manera tradicional para referirse a las circunstancias que envuelven a las situaciones de trabajo muy calurosas como ocurre en la industria dedicada a la fabricación del acero inoxidable. Lo podemos definir como la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan.[22]

3.6.Factores Individuales de riesgo

- Edad
- Obesidad
- Hidratación
- Medicamentos y bebidas alcohólicas
- Genero
- Aclimatación

3.7.Efectos sobre la salud de la exposición al calor

- Síncope por calor
- Deshidratación
- Pérdida de electrolitos
- Agotamiento por calor
- Golpe de calor

3.8.Estudios Ergonómicos

Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo para, posteriormente, en base a los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y lo sitúen en niveles aceptables de exposición para el trabajador. [23]

3.8.1. REBA

Para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas, actividad estática del sistema musculoesquelético.

Evalúa dos grupos corporales junto con otras variables (carga/fuerza, agarre y actividad muscular).[24]

Tabla 3. 2. Grupos corporales y variables analizadas por el método REBA

<i>Grupo A</i>	<i>Grupo B</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tronco: erguido, flexión, extensión, giro e inclinación lateral.</i> • <i>Cuello: flexión y extensión, giro e inclinación lateral.</i> • <i>Piernas: soporte bilateral (apoyo de los dos pies), andando o sentado; soporte unilateral (apoyo de un pie), ligero o inestable; y flexión de rodillas.</i> • <i>Carga/fuerza: inferior a 5kg, entre 5 y 10kg, y más de 10kg; de forma rápida o brusca.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brazo: flexión, extensión; abducción y rotación, elevación de hombro; con apoyo o a favor de la gravedad (situación favorable).</i> • <i>Antebrazos: flexión y extensión.</i> • <i>Muñecas: flexión y extensión; giro o desviación lateral.</i> • <i>Tipo de agarre: bueno, aceptable, no aceptable, incómodo o sin agarre o usando otras partes del cuerpo.</i> • <i>Actividad muscular: una o más partes del cuerpo estáticas (aguantadas más de 1 minuto); movimientos repetitivos (más de 4 veces/minuto); cambios posturales importantes o posturas inestables.</i>

Fuente. [24]

3.8.2. RULA

El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas.

Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final de la postura, como la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador.

Permite evaluar la exposición a factores de riesgo que provocan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. [24]

Tabla 3. 3. Grupos corporales y variables analizadas con el método RULA

<i>Grupo A</i>	<i>Grupo B</i>
<p>•Brazo-hombro: flexión, extensión, separación lateral, elevación hombro y apoyo del brazo. •Antebrazo: flexión, extensión y separación lateral. •Muñeca: flexión, extensión, inclinación lateral y giro.</p> <p>Actividad muscular: estática o movimiento repetido.</p> <p>Fuerza o carga: ninguna, ocasional, estática o repetitiva en relación al peso/fuerza (entre 2 y más de 10 kg); explosiva (brusca).</p>	<p>•Cuello: flexión, extensión, inclinación lateral y giro. •Tronco: flexión, inclinación lateral y giro. •Piernas: sentado, de pie con apoyo bilateral (ambos pies) o sin apoyo.</p> <p>Actividad muscular: estática o movimiento repetido.</p> <p>Fuerza o carga: ninguna, ocasional, estática o repetitiva en relación al peso/fuerza (entre 2 y más de 10 kg); explosiva (brusca)</p>

Fuente. [24]

3.9.Introducción de la Tecnología en la Ergonomía

“Una herramienta ergonómica debe estar adaptada a las características específicas de los hombres que las utilizan. Consecuentemente la ergonomía es la disciplina que busca esta adaptación entre características humanas, y características del artefacto”. [25]

Otra línea de la cual existe carencia de investigación aplicada en el sector salud, dice relación con el propósito central de la ergonomía, referido a cómo generar condiciones de trabajo que optimicen el bienestar humano con el desempeño de los sistemas. Este es una línea de investigación donde la ergonomía basada en fundamentos de enfoques de análisis sistémicos puede efectuar aportes en innovación de productos y procesos de atención en salud. Este tipo de estudios requiere un vínculo muy estrecho y sostenido en el tiempo entre unidades de

investigación y los equipos de los establecimientos de salud. Los modelos que se pueden aplicar para estas investigaciones requieren de una mirada interdisciplinaria y con objetivos que generen un desarrollo y beneficio mutuo entre las unidades de investigación y las organizaciones de salud. El modelo de gestión se aplica a organizaciones que tienen como compromiso brindar atención en salud y satisfacer requerimientos de bienestar de las personas. Para ello, la toma de decisiones debe basarse en el desarrollo de la investigación y el aprendizaje que surge de esos procesos. Como se puede apreciar, en la toma de decisiones del diseño y mejoramiento de los procesos de atención en salud, la investigación aborda los requerimientos y monitorea la retroalimentación de los usuarios internos y externos a la organización. En una mirada más amplia, en el marco de la responsabilidad social, se deben incluir los requerimientos del conjunto de contrapartes interesadas para las organizaciones.[16]

3.10. IoT

El término “Internet de las cosas” fue empleado por primera vez en el año 1999 por el pionero británico Kevin Ashton para describir un sistema en el cual los objetos del mundo físico se podían conectar a internet por medio de sensores. A pesar de la amplia gama de generalizar un concepto adecuado para el tema, no ha existido uno que contemple las actuales situaciones mundiales. [26] Se involucró el siguiente concepto en base a la propuesta tecnológica formalizada, el IoT puede ser visto como una combinación de sensores y actuadores que son capaces de proporcionar y recibir información digitalizada y colocarla en redes bidireccionales capaces de transmitir todos los datos para ser utilizados por una gran cantidad de usuarios y servicios finales.[27]

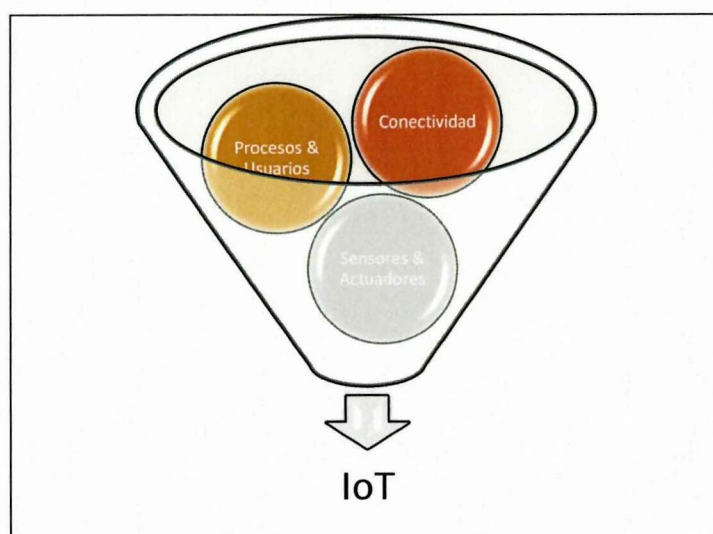


Figura 3. 3. Concepto de IoT

Fuente: [28]

El internet de las cosas tiene una ilimitada manera de proporcionar aplicaciones y servicios, que se pueden adaptar a muchos campos de la actividad humana con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas, sin embargo, son pocas las personas que pueden llegar a involucrarse en esta nueva era de la información.

Los servicios de salud y seguridad en la familia ha sido uno de las aplicaciones para mitigar el riesgo en familias aumentando la seguridad para la familia, integrando servicios en línea que permitan ver el monitoreo de las mismas implementando, cámaras, sensores, que monitorean las enfermedades crónicas, y dando viabilidad a los hospitales a mejorar la atención oportuna a los pacientes y mejorando la calidad de vida de los mismos. Las variables exactas para poder tomar decisiones en base al entorno laboral, es decir al medio ambiente son; el ruido, CO₂, los elementos contaminantes, temperatura, humedad, movimiento, fuerza, carga, detección acústica y de vibraciones, acelerómetros, entre otros.[27]

El IoT en la transformación digital de las empresas está trayendo consigo la innovación de nuevos ecosistemas de trabajo, que permiten tener una comunicación tradicional persona – persona o persona – maquina. La integración entre personas, procesos, cosas, y datos están creando nuevos tipos de aplicaciones y servicios inteligentes donde intervienen, sensores y su tipo de conectividad. conocemos por el punto de partida “cosas” que incorporan estos sensores que pueden ser geo localizados y permiten medir variables físicas y ambientales con una conectividad que puede ir de un Bluetooth de bajo consumo hasta un 4G LTE.[29]

3.11. Herramientas del IoT

3.11.1. Hardware IoT

La última década ha sido testigo de una reducción significativa de precios de componentes electrónicos influenciando la generación de recursos abiertos (Hardware abierto), teniendo efectos de que la ciudadanía genere ciencia y no se diga la comunidad universitaria.[30]

El hardware es una de las tres capas del IoT que permite desarrollar ordenadores más inteligentes y potentes que sus predecesores. En definición el hardware es el conjunto de elementos, componentes físicos y que constituyen un sistema o un sistema informático, pero con la diferencia que este es de código abierto. [31]

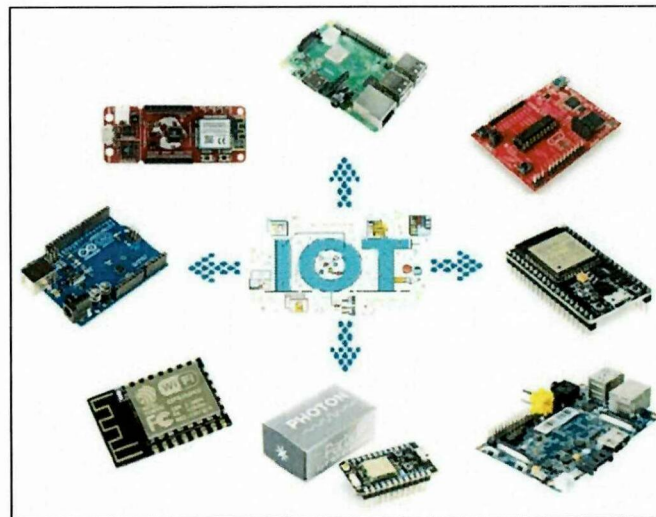


Figura 3. 4. Hardware IoT

Fuente: [28]

3.11.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi es una placa de ordenador desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi. La idea del proyecto se concibió en 2006 como una solución orientada a entornos educativos para estimular la enseñanza de ciencias de la computación.[32]

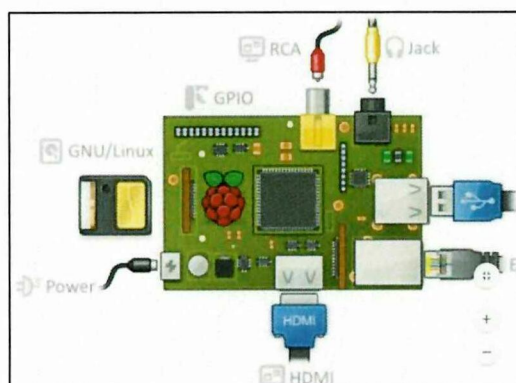


Figura 3. 5. Raspberry Pi

Fuente. [33]

3.11.2.1. Tipos de Raspberry Pi

- **Raspberry Pi 1 Modelo A.-** Raspberry Pi es una placa de ordenador desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi. La idea del proyecto se concibió en 2006 como una solución orientada a entornos educativos para estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas.
- **Raspberry Pi 1 Modelo A BCM2835.-** Su procesador fue un Broadcom BCM 2835, Single-Core a 700 MHz. También tuvo 256 MB de RAM y una gráfica Broadcom Video Core IV. Requería una fuente de alimentación de 5 voltios y 2 amperios elemento común al resto de versiones.
- **Raspberry Pi 1 Modelo B y B+.-** También del año 2012, es una variante del modelo A, Trajo consigo diversas mejoras, la inclusión del doble de memoria RAM, pasando de 250 MB a 520 MB. Trajo consigo un puerto USB más, y, por fin, un conector Ethernet (RJ-45) Se mantuvo tanto su tamaño como su coste. No hubo variaciones en el procesador ni en la gráfica. Tiempo después se lanzó del modelo B+, que incluyó 4 puertos USB y paso a ser una SD a una micro SD.
- **Raspberry Pi 3 Modelo B.-** Sacada a la luz en el año 2016, renueva su procesador, una vez de la compañía Broadcom, una vez más un Quad-Core, pero pasa de 900MHz a 1.20GHz. Mantiene la RAM de 1GB. Su mayor novedad fue la inclusión del Wi-Fi y Bluetooth (4.1 Low Energy) sin necesidad de adaptadores.
- **Pi Zero.** - Fue el primer modelo lanzado el 2015. Es 40% más potente que el primer modelo de raspberry. Tiene una CPU Broadcome BCM2835, que funciona a 1GHz con dos

núcleos. Posee 512 MB de RAM, y comparte la gráfica VideoCore IV. Debido a su tamaño sustituye el puerto HDMI POR EL MiniHDMI, manteniendo así las presentaciones.[33]

3.11.3. Photon de Particle

Es una pequeña placa de desarrollo con wifi integrado ideal para el desarrollo de proyectos de Internet de las cosas. Es muy sencillo de utilizar se programa con Arduino, es potente y está conectado directamente a la nube.

Las herramientas que configuran el ecosistema del Photon, y que vienen con la placa, están diseñadas para poder construir y crear dispositivos, que seas un ingeniero, un desarrollador, un aficionado de Arduino o un emprendedor en productos de IOT.[34]

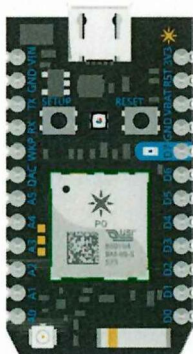


Figura 3. 6. Photon de Particle

Fuente. [35]

La placa de Photon viene en dos formas físicas: con cabeceras y sin ellas. Lograr los prototipos es sencillo con cabeceras ya que Photon se conecta directamente en las placas de pruebas y perf-boards estándar y también pueden ser montado con encabezados hembra de 0.1" de paso en una placa de CI. Para minimizar el espacio requerido, el factor de forma de Photon sin cabeceras tiene bordes dentados para montaje en superficie directamente sobre una placa de CI. Además, el módulo SMD P1 con certificación FCC posee la misma MCU y bibliotecas de funcionalidad y firmware inalámbricas que el Photon para simplificar la transición de prototipo a producción. [35]

3.11.4. Software IoT

Cuando se habla de software, en última instancia, se habla de sistemas de bases de datos y analítica capaces de procesar los registros capturados por los sensores de las redes IoT. Pueden ser mediciones del consumo de contadores de agua o electricidad, de la

contaminación en las estaciones meteorológicas repartidas en diferentes lugares de las ciudades, por poner algunos ejemplos.[36]

3.11.5. Osc Data

Open Sound Control (OSC) es un protocolo para la comunicación entre computadoras, sintetizadores de sonido y otros dispositivos multimedia que está optimizado para la tecnología de redes moderna. Al incorporar los beneficios de la moderna tecnología de redes al mundo de los instrumentos musicales electrónicos, las ventajas de OSC incluyen interoperabilidad, precisión, flexibilidad y una mejor organización y documentación. [1]

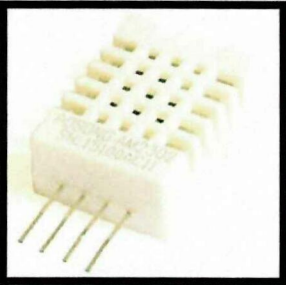
3.11.6. Unity

La ventaja que posee Unity 3D es la basta documentación que posee y la principal pega que le pongo es que nativamente no soporta la edición de la maya de los objetos, teniendo que acudir a reeditar el modelado 3D del objeto mediante software externo, como pueda ser 3ds Max, aunque sea una modificación puntual e insignificante. Si que es cierto que en la ‘Store’ (Tienda) hay añadidos para poder incorporar esta característica, pero o tienes que pasar por caja o sino resulta limitado.[37]

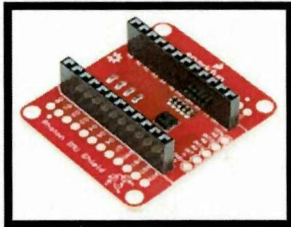
3.11.7. Plotly

Plot.ly es una herramienta web que sirve para el análisis y visualización de datos. Con sede en Montreal, Plot.ly les proporciona a las personas gráficas en línea, herramientas de estadística y análisis, así como también las bibliotecas de gráficos científico para Python, MATLAB, entre otros. [2]

Tabla 3. 4. Sensores IoT

Nombre / Figura	Definición	Características
<p data-bbox="312 1653 424 1686">DHT 22</p> 	<p data-bbox="571 1653 935 1899">Es un sensor digital de Temperatura y Humedad, fácil de implementar con cualquier microcontrolador.</p>	<p data-bbox="954 1653 1377 1899">Rango de medición de Humedad y Temperatura; 0 – 100 % RH, -40°C – 80°C, Precisión de la Humedad y Temperatura; ±0.5 °C ± 2%RH.</p>

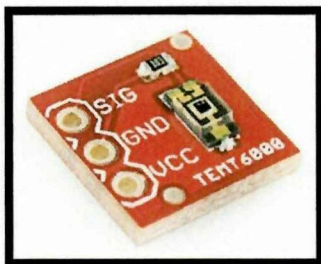
IMU Shield Photon



Es un tablero versátil para la detección de movimiento para dispositivos Photon equipado con un sistema un chip LSM9DS1 incorporado que aloja un acelerómetro de 3 ejes, un giroscopio de 3 ejes y un magnetómetro de 3 ejes. [39]

Admite una gran variedad de rangos: la escala del acelerómetro se puede configurar en $\pm 2, 4, 6, 8$ o 16 g, el giroscopio admite $\pm 245, 500$ y $2000^\circ / \text{sy}$ el magnetómetro tiene rangos de escala completa de $\pm 2, 4, 8$ o 12 gauss.

TEMT 6000



TEMT6000 es un fototransistor epitaxial NPN de silicio en un molde en miniatura transparente para montaje en superficie en una placa de circuito impreso, es sensible a iluminación del ambiente. [40]

Longitud de onda de mayor sensibilidad: 570nm
Rango de temperatura de operación (máximo): -40°C a 85°C
Temperatura de almacenamiento: $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$

KY038



Es un sensor de sonido que tiene incluido un LM393 y un micrófono sensible para captar los niveles de sonido en un entorno. [41]

Voltaje de función: $4 - 6\text{V DC}$
Indicador de señal de salida.
Luz de indicación de encendido
Señal de salida de un solo canal.

Fuente: [39]

4. METODOLOGÍA

El presente proyecto tecnológico está orientado a la identificación de riesgos basados en un enfoque cuantitativo debido a que se identifica las variables como: temperatura, humedad, ruido, iluminación y ángulos, monitoreados por las condiciones del trabajador. El propósito es de prevenir o anticiparse a la provocación de accidentes e incidentes laborales en la empresa.

El traje monitorizador inalámbrico contiene tecnología IoT que genera una interface de humanoide virtual y niveles de variables físicas ambientales en tiempo real propias del colaborador de una empresa, cambiando los procedimientos de identificación de riesgos laborales a través de la matriz GTC-50, pero ocupando las mismas metodologías de evaluación ergonómicas y ambientales.

Método Experimental: Es aquel método científico donde el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando a este y consiguiendo otro resultado.

En la presente propuesta tecnológica se utiliza este método con el propósito de cambiar los procedimientos de identificación de riesgos ambientales y ergonómicos a través de la inserción de tecnología IoT, para obtener como resultado final una identificación de riesgos de manera rápida y económica respecto a la convencional.

Bibliográfico: Es el sistema que se sigue para obtener información mediante el conjunto de técnicas y estrategias que se emplean para, identificar, localizar y acceder a documentos que contengan información pertinente para la presente investigación.

Este método ayudo a efectuar la recolección de información necesaria acorde a la propuesta tecnología, donde inicialmente, se indaga y enlista datos de riesgos de factores ambientales legales a partir de reglamentos 2393, mientras que para los aspectos ergonómicos se identifica los niveles de posturas ergonómicas. Posteriormente se investiga sobre el tipo de conexión, comunicación, y programación de los elementos electrónicos y microprocesadores IoT y finalmente se pone en aplicación todo el traje para determinar posibles riesgos laborales a través de la matriz de riesgos GTC-50.

De campo: Es aquella que se presenta a través de la manipulación de una variable externa no verificada en condiciones estrictamente controladas, con el fin de describir de qué manera o para que causa una determinada situación o evento.

En una organización, empresa u industria siempre va existir riesgos en la ejecución de sus procesos, estos riesgos son aquellos que están presentes en un entorno laboral que deriva de una actividad que efectúa el trabajador, frente a ello la identificación de riesgos viene dada a partir del desarrollo de una matriz de riesgos o un Check List. La presente propuesta tecnológica aporta a la identificación de riesgos ambientales y ergonómicos mediante la cuantificación de variables que están siendo monitoreadas en tiempo real por un traje que se lo pone un empleado cambiando el procedimiento convencional que ocupa muchos recursos y tiempos y más aún el evaluador tiene que estar presente en puesto de trabajo.

Instrumentos

En este apartado se citan los instrumentos y las herramientas que fueron de utilidad para demostrar la aplicación de las metodologías y técnicas en la siguiente propuesta tecnológica.

IoT: es un conjunto de sistemas de código abierto que permiten la interconexión de objetos con personas y fue primordial utilizarla en la propuesta tecnológica ya que existe mucha información de cómo desarrollar un sin número de aplicación, sirve como base principal para poder llegar a comunicar microprocesadores y emular condiciones laborales a través de sus protocolos de comunicación inalámbrica.

Sensores: son aquellos dispositivos capaces de ser sensibles a las variaciones de magnitudes del medio. Fueron esenciales para la determinación de los niveles de: iluminación, ruido, temperatura, humedad dentro de los factores ambientales, mientras que para los ergonómicos se insertó en el traje acelerómetros que determinan variables angulares provocadas por el cuerpo humano. Todo este tipo de sensores ayuda a transmitir y graficar sus variaciones en plataformas como el Unity y el Plotly.

Unity: es una plataforma desarrolladora de videojuegos en donde fue primordial realizar una interface gráfica de un humanoide virtual que permita emular los movimientos del trabajador en tiempo real, pudiendo analizar los posibles riesgos ergonómicos del trabajador en su entorno de trabajo.

Plotly: es una herramienta gratuita tipo plataforma de datos que permite analizarlos y crear gráficos con estos. Esta plataforma fue una de las más importantes al momento de determinar y monitorea variables dentro del entorno del trabajador ya que de manera interactiva se plotea las variables como temperatura, humedad, ruido e iluminación.

Raspberry Pi: es una microcomputadora de código abierto desarrollada con el fin de estimular la enseñanza de la informática, fue importante utilizarla como microprocesador para la conexión de los sensores de variables ambientales y su conexión vía Wifi a las plataformas virtuales.

Photon Particle: es un microprocesador apegado a las condiciones IoT, de código abierto que, a través de su interconexión vía Wifi, fue esencial para la conexión de los acelerómetros que son ubicados en los nodos del cuerpo humano, esto permite emular los movimientos del trabajador con el humanoide virtual de manera inalámbrica.

Traje Monitoreador Inalámbrico: es una prenda de vestir que contiene tecnología IoT, para identificar riesgos ambientales y ergonómicos a través de su emulación en tiempo real e inalámbricamente de condiciones laborales ambientales y ergonómicas cambiando los procedimientos de análisis y utilizando las mismas metodologías de determinación de los mismos.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Cumplimiento del objetivo 1

“Estudiar los riesgos ambientales y ergonómicos para identificar los niveles adecuados de actuación, según la metodología de carga postural, posturas forzadas y el reglamento 2393 a través de la caracterización de cada una de las variables”.

5.1.1. Actividad “Determinación sobre los niveles legales de variables ambientales en un entorno laboral.”

Para arrancar con el proceso de investigación de la propuesta tecnológica, se hizo un breve análisis de todas las variables ambientales y ergonómicas que interfieren en el proyecto. Estos tienen la finalidad de monitorear los niveles de iluminación, ruido, humedad, valores angulares provocados por el trabajador a través del traje monitoreador.

5.1.2. Ruido.

En el decreto ejecutivo 2393, el artículo 55, llamado “Ruido y Vibraciones” expresa los niveles adecuados del ruido en un ambiente de trabajo, donde se fija como límite máximo la presión sonora de 85 decibeles, escala “A” del sonómetro, estos son medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza. Para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo.

No obstante, los puestos de trabajos que demanden fundamentalmente de actividad intelectual, o tarea de regulación, vigilancia, concentración o calculo no excederá de 70 decibeles de ruido.

Para el caso del ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A", en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionadas con el tiempo de exposición según la tabla 5.[42]

Tabla 5. 1. Nivel sonoro en función del tiempo de exposición

<i>Nivel Sonoro / dB (A-lento)</i>	<i>Tiempo de exposición por jornada / hora</i>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

Fuente: [42]

Cada uno de los niveles de ruido expresados en la tabla son equivalentes una dosis de ruido diaria igual a 1.

Para el caso de que la dosis no sea continua e intermitente en el puesto de trabajo. Se calculará el ruido diario de acuerdo a la siguiente formula. [42]

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_n}{T_n} \dots \dots \dots (5.1)$$

Dónde:

C = Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

5.1.2.1. Ruido de Impacto

Se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepase de un impacto por segundo y cuando sea superior, se considera continuo.

Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho periodo de acuerdo a la tabla 6. [42]

Tabla 5. 2. Nivel de presión sonora máxima

*Número de impulsos
o impactos por
jornada de 8 horas* *Nivel de presión
sonora máxima (db)*

100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

Fuente: [42]

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deberán ser anualmente objeto de estudio y control audio métrico.

5.1.1.4. Efectos del ruido.

Los efectos de ruido en la salud es la generación de hipoacusia siendo el más relevante en la salud, y trata de la pérdida de audición por la exposición a ruido de intensidad elevada en la tabla 5.3 se visualiza el grado de hipoacusia respectivamente a su nivel de audición. [42]

Tabla 5. 3. Hipoacusia, nivel de audición

<i>Grado de Hipoacusia</i>	<i>Nivel de Audición</i>	<i>Déficit Auditivo</i>
<i>Audición normal</i>	0 – 25 dB	

<i>Hipoacusia leve</i>	25 – 40 dB	Dificultad en la conversación en voz baja o distancia
<i>Hipoacusia moderada</i>	40 – 55 dB	Conversación posible a 1 o 1,5 metros
<i>Hipoacusia marcada</i>	55 – 70 dB	Requiere conversación en voz alta
<i>Hipoacusia severa</i>	70 – 90 dB	Voz alta y a 30 cm
<i>Hipoacusia profunda</i>	> 90 dB	Escucha sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación

- Fuente: [43]

La pérdida auditiva se estabiliza si el trabajador deja de estar en contacto con el ruido.

5.1.2. Iluminación.

El decreto ejecutivo 2393 en el artículo 56, menciona el cálculo mínimo de iluminación en base a la siguiente tabla 5.4. [42]

Tabla 5. 4. Niveles de iluminación mínima en actividades

Iluminación Mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materiales, desechos de mercancía, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y

	acero, taller de textiles y de industria, manufacturera salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que se exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Fuente. [42]

Cada uno de los valores mencionados se refieren a los respectivos planos de operación de máquinas o herramientas donde el factor deslumbramiento sea de manera uniforme y aceptables.

5.1.2.1. Iluminación Artificial

En el caso donde la iluminación ya sea por diferentes factores no llega a ser suficiente, dificultando las operaciones en el lugar de trabajo, se adoptarán e implementara iluminación artificial, que tendrá garantías de no provocar un vaciado en la atmósfera del entorno de trabajo donde se realizan las actividades pertinentes al proceso, ni tampoco tenga que presentar peligro de incendio o explosión de las lámparas. [42]

5.1.2.2. Iluminación Localizada

Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de 1/3 de la iluminación localizada, medidas ambas en lux. [42]

5.1.2.3. Uniformidad de la iluminación general

La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales. [42]

Para evitar deslumbramiento se adoptarán las siguientes medidas.

- a) No se emplearán lámparas desnudas a menos de 5 metros del suelo, exceptuando aquellas que en el proceso de fabricación se les haya incorporado protección antideslumbrante.
- b) Para alumbrado localizado, se utilizarán reflectores o pantallas difusoras que oculten completamente el punto de luz al ojo del trabajador.
- c) En los puestos de trabajo que requieran iluminación como un foco dirigido, se evitará que el ángulo formado por el rayo luminoso con la horizontal del ojo del trabajador sea inferior a 30 grados. El valor ideal se fija en 45 grados.
- d) Los reflejos e imágenes de las fuentes luminosas en las superficies brillantes se evitarán mediante el uso de pinturas mates, pantallas u otros medios adecuados.

Según la matriz de riesgos GTC – 50 la determinación cualitativa del nivel de deficiencia de los peligros higiénicos se muestra en la siguiente tabla 5.5.

Tabla 5. 5. Niveles de riesgos de iluminación

ILUMINACIÓN

Muy Alto	Ausencia de luz natural o artificial.
Alto	Deficiencia de luz natural o artificial, con sombras evidentes y dificultad para leer.
Medio	Percepción de algunas sombras al ejecutar una actividad (escribir)

Bajo	Ausencia de sombras.
------	----------------------

Fuente: [44]

5.1.2.4. Causas y efectos de la iluminación.

Los efectos de la iluminación inadecuada en la salud más conocidos provocados por la mala iluminación es de síndrome de fatiga visual que afecta al 75% de usuarios de ordenadores.

EFFECTOS DE LA ILUMINACIÓN INADECUADA EN LA SALUD. 	Trastornos oculares
	Dolor e inflamación en los párpados, fatiga visual, pesadez, lagrimeo, enrojecimiento, irritación, visión alterada.
	Cefalalgias
	Dolores de cabeza. Ocasionalmente, el médico tratante debe revisarlos para detectar si es la iluminación la que los causa.
	Fatiga
Falta de energía, agotamiento. Cuando es causada por la iluminación, una persona que se levanta con energías, las pierde fácilmente. Si la persona está agotada por estrés o falta de sueño, la fatiga se extiende por todo el día. El médico debe revisar otros factores adicionales a la luz.	
Efectos anímicos	
Falta de concentración y de productividad, baja atención y desánimo.	

Figura 5. 1. Efectos de la Iluminación inadecuada

Fuente: [44]

En la figura 5.1 se puede visualizar 4 de muchos efectos en el trabajador a causa principal de la mala adecuación de iluminación en el puesto de trabajo, que muchas veces es omitido por su alto costo en análisis Ergonómico y Ambiental dando luego como resultados enfermedades profesionales, accidentes e incidentes laborales.

5.1.3. Temperatura y Humedad

El decreto ejecutivo 2393 menciona que las áreas de trabajo y sus alrededores procuraran mantener, por medios naturales o artificiales condiciones atmosféricas ideales para los trabajadores. En locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectuó una renovación de aire no inferior a 6 veces por hora.[42]

En el reglamento se fijan como límites normales de temperatura en °C de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan. [42]

5.1.3.1. Humedad

Es la cantidad de humedad existente en relación con la humedad de saturación expresada en porcentaje de humedad relativa. [42]

Tabla 5. 6. Efectos de humedad en los trabajadores

HUMEDAD

<i>40% - 50%</i>	Humedad relativa recomendable.
<i>60% - 70%</i>	Humedad relativa alta con calor provoca sudoración, pero en este estado húmedo el calor no se puede evaporar y aumenta la sensación de calor.
<i>Humedad Relativa menor a 30%</i>	Humedad relativa deficiente produce: Sequedad a la piel y dermatitis, Dolor de cabeza, Escozor de ojos y sinusitis, Aumento de la susceptibilidad a las infecciones, Sensación de falta de aire.

Fuente: [42]

Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire según el tipo de trabajo efectuado.

Tabla 5. 7. Temperatura, humedad y velocidad del aire por el tipo de trabajo

Tipo de trabajo	Temperatura óptima °C	Grado de humedad	Velocidad del aire (m/s)
Trabajo intelectual o trabajo físico ligero en posición sensata.	18°C a 24°C	40% a 70%	0,1

Trabajo medio en posición de pie.	17°C a 22°C	40% a 70%	0,1 a 0,2
Trabajo duro.	15°C a 21°C	30% a 55%	0,4 a 0,5
Trabajo muy duro.	12°C a 18°C	20% a 60%	1,0 a 1,5

Fuente: [42]

5.1.3.2. Frio

El trabajo típico en un ambiente frío se lo realiza en cámaras termográficas, para un proceso industrial donde se requiera refrigeración. Se recomienda evaluar el riesgo de estrés térmico por frío cuando las temperaturas de los lugares de trabajo sean inferiores a 10°C. [42]

5.1.3.3. Efectos del frío

La exposición a frío intenso produce dos tipos de efectos, unos localizados en la periferia del organismo y otros de tipo general. [42]

Tabla 5. 8. Efectos locales y generales por frío

Efectos locales Entumecimiento de pies y manos. Disminución de la sensibilidad. Torpeza. Congelación: mejillas, orejas, dedos de pies y manos. Síndrome de inmersión (pie de trinchera).

<i>Efectos generales</i>	Perdida de concentración. Confusión. Perdida de coordinación. Coma hipotérmico
--------------------------	---

Fuente: [42]

La exposición continuada al frío favorece las infecciones víricas, enfermedades pulmonares crónicas, sinusitis y artritis. [42]

La legislación establece períodos de descanso en la jornada laboral de los trabajadores empleados en cámaras frigoríficas y de congelación, a fin de permitir la recuperación del organismo expuesto al frío intenso, con arreglo al siguiente esquema:

Tabla 5. 9. Permanencia y descanso de acuerdo a la temperatura

Temperatura cámara en °C	Máxima permanencia	Descansos	Descansos la jornada
De 0° a -5°	8 horas	10 min/3 horas	-
De -5° a -18°	6 horas	15 min/1 hora	Trabajo fuera de la cámara
Menor de - 18°	6 horas	15 min/45 min	Trabajo fuera de la cámara

Fuente: [42]

5.1.3.4. Calor

Nuestro organismo necesita mantenerse con una temperatura interna de entre 36°C – 37°C. La temperatura interna depende de dos factores. [42]

- El calor que genera el propio organismo.
- El intercambio de calor entre la superficie del cuerpo y el medio que la rodea.

El ambiente de trabajo en un puesto laboral va desde la simple sensación de malestar y otras emocionales, hasta el shock térmico. La evaporación de sudor es un sistema de eliminación de calor donde toma la piel con el que está en contacto para el paso de estado líquido a gaseoso. La cantidad de sudor que puede evaporarse por unidad de tiempo depende fundamentalmente de dos variables ambientales: [42]

- La velocidad del aire.
- La humedad.

(Reformado por el Art. 29 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada), conforme al siguiente cuadro:

Tabla 5. 10. Carga de trabajo de conformidad al TGHB

CARGA DE TRABAJO

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA Inferior a 200 Kcal/hora	MODERADA De 200 a 350 Kcal/hora	PESADA Igual o mayor 350 Kcal/hora
<i>Trabajo continuo 75% trabajo</i>	TGBH = 30.0	TGBH = 26.7	TGBH = 25.0
<i>25% descanso cada hora.</i>	TGBH = 30.6	TGBH = 28.0	TGBH = 25.9
<i>50% trabajo, 50% descanso, cada hora.</i>	TGBH = 31.4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
<i>25% trabajo, 75% descanso, cada hora.</i>	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

Fuente: [42]

Es un índice ampliamente utilizado en el campo laboral para ambientes térmicos severos. Permite establecer unos rangos de aceptabilidad de los períodos de trabajo y descanso en función de la carga física que hay que desarrollar en condiciones de elevadas temperaturas.

5.1.2. Actividad “Determinación de los niveles de actuación de carga postural y posturas forzadas.”

5.2.1. REBA

El método REBA una vez se propone una puntuación final, se obtienen diferentes niveles de actuación sobre el riesgo en el puesto de trabajo. El valor de la puntuación obtenida será mayor cuanto mayor sea el riesgo para el trabajador; el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo 15 indica riesgo muy elevado por lo que se debería actuar de inmediato. Se clasifican las puntuaciones en 5 rangos de valores teniendo cada uno de ellos asociado un Nivel de Actuación. Cada Nivel establece un nivel de riesgo y recomienda una

actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención. La figura 7 muestra los Niveles de Actuación según la puntuación final.

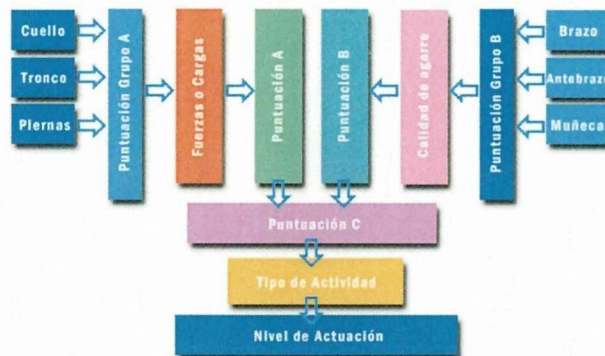


Figura 5. 2. Procedimientos para el nivel de actuación REBA

Fuente: [45]

Tabla 5. 11. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida

<i>Puntuación</i>	<i>Nivel</i>	<i>Riesgo</i>	<i>Actuación</i>
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: [45]

5.2.2. RULA

Obtenida la puntuación final la tabla 17 propone diferentes niveles de actuación sobre el puesto. Puntuaciones entre 1 y 2 indican que el riesgo de la tarea resulta aceptable y que no son precisos cambios. Puntuaciones entre 3 y 4 indican que es necesario un estudio en profundidad del puesto porque pueden requerirse cambios. Puntuaciones entre 5 y 6 indican que los cambios son necesarios y 7 indica que los cambios son urgentes. Las puntuaciones de cada miembro y grupo, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indicarán al evaluador los aspectos en los que actuar para mejorar el puesto. [45]



Figura 5. 3. Procedimientos para el nivel de actuación RULA

Fuente: [45]

Tabla 5. 12. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Fuente: [45]

5.2. Cumplimiento del objetivo 2

“Diseñar la red de sensores y comunicación basados en IoT para monitorear condiciones laborales, ambientales y ergonómicas a través de la interacción y ploteo con plataformas virtuales”

5.2.1. Actividad “Estudio de los sensores aplicables en el traje monitoreador inalámbrico.”

El funcionamiento de la propuesta tecnológica es a través de la inserción de sensores que sean capaces de captar variables Ambientales y Ergonómicas. Estos sensores cumplirán la función de determinar variables como: temperatura, humedad, ruido, iluminación y valores angulares, existe una gran gama de sensores en el mercado lo que se hará es estudiar las variables que intervienen en el trabajador y poderlas analizar cual sensor sería el más óptimo para tales situaciones.

Dentro de la determinación de riesgos Ambientales y Ergonómicos en un puesto de trabajo existen niveles de actuación para poderlos controlar y minimizar, que a la final causara que el trabajador sea eficiente. El estudio de la variable que iniciaremos por estudiar es la iluminación y en base a ello a determinarlo si es aplicable en el proyecto.

Existen dos tipos de captadores de luz como: fotorresistencias y fototransistores.

5.3.1. Fotorresistencias

También conocidos como LDR (light depending sensor) es un componente electrónico cuya resistencia varía en función de la luz.

Las fotorresistencias son elementos electrónicos poco ocupados en aspectos industriales, pero utilizados en juguetes electrónicos, las causas por las que no entraría en la propuesta tecnológica es su alcance de valor umbral y su baja sensibilidad como se muestra en la Figura 5.4.

Ventajas

- Fácil empleo
- Bajo Costo

Desventajas

- Estabilidad por temperatura baja para los materiales más rápidos. La variación del valor de la resistencia tiene cierto retardo, diferente si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro. Esto limita a no usar los LDR en aplicaciones en las que la señal luminosa varía con rapidez.

- Respuesta lenta en materiales estables.
- Falta de linealidad entre resistencia e iluminación

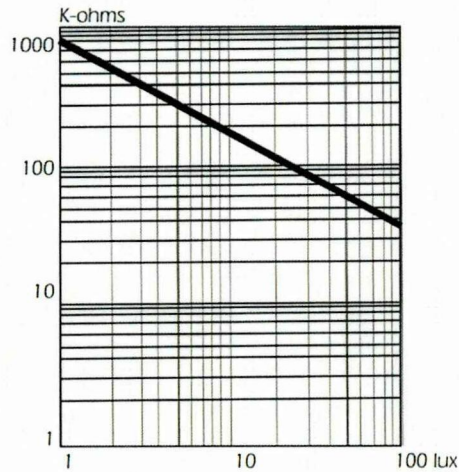


Figura 5. 4. Resistencia de la célula en función de la iluminación

Fuente: [46]

En la figura número 5.4 muestra la resistencia de la fotorresistencia en función de la iluminación, se visualiza que la pendiente genera un alcance de 100 luxes cuando la fotorresistencia alcanza los 1000 ohm.

Tabla 5. 13. Temperatura mínima y máxima en fotorresistencias

	Reglamento 2393	Fotorresistencia
Mínimo	20 luxes	0 lux
Máximo	1000 luxes	100 lux

Fuente: [3]

En la tabla 5.13 se ve una comparativa entre el valor mínimo y máximo que rige en la norma 2393 y las características de umbral de la fotorresistencia, donde el valor mínimo de la norma es de 20 luxes para Pasillos, patios y lugares de paso, en este caso lo puede captar ya que el valor mínimo del sensor es de 0 lux que variaría incrementando según las condiciones de iluminación hasta 100 lux según la tabla x. Para el valor máximo que rige en el reglamento es de 1000 luxes para trabajos en que se exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección

delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería este valor no lo podrá captar ya que el alcance del sensor es de 100 luxes.

El sensor de iluminación tipo fotorresistencia no podrá ser insertado en la propuesta tecnológica ya que sus características no se pudieron homologar con el reglamento 2393 que rige en el Ecuador. En el apartado de condiciones ambientales del mismo menciona los niveles de iluminación requeridos en un entorno de trabajo, y los mismos no pueden ser captados por la fotorresistencia en su totalidad.

5.3.2. Fototransistores

Los fototransistores y fotodiodos son transductores electroópticos estrechamente relacionados que convierten la luz incidente en corriente eléctrica en aplicaciones tales como detección de posición/presencia, medición de intensidad de luz y detección de pulso óptico de alta velocidad.

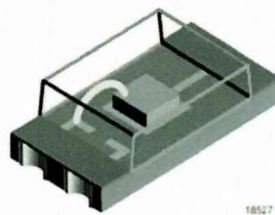


Figura 5. 5. Fototransistor

Fuente: [46]

Ventaja de los Fototransistores

- Los fototransistores tienen varias ventajas importantes que los separan de otros sensores ópticos, algunos de ellos se mencionan a continuación.
- Los fototransistores producen una corriente más alta que los fotodiodos.
- Los fototransistores son relativamente económicos, simples y lo suficientemente pequeños como para que quepan varios de ellos en un único chip de computadora integrado.
- Los fototransistores son muy rápidos y son capaces de proporcionar una salida casi instantánea.
- Los fototransistores producen un voltaje, que las foto-resistencias no pueden hacer.

Desventaja de los Fototransistores

- Los fototransistores que están hechos de silicona no pueden manejar voltajes de más de 1,000 voltios.
- Los fototransistores también son más vulnerables a las oleadas y los picos de electricidad, así como a la energía electromagnética.
- Los fototransistores tampoco permiten que los electrones se muevan tan libremente como lo hacen otros dispositivos, como los tubos de electrones.

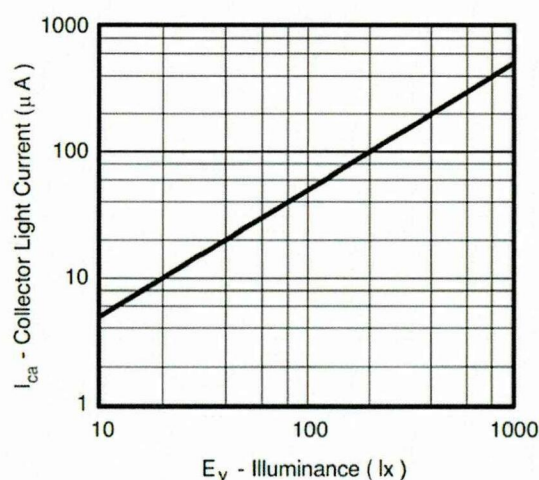


Figura 5. 6. Corriente de colector luz

Fuente: [46]

En la figura 5.6 se visualiza la pendiente de la corriente que absorbe el colector de luz vs la intensidad provocada por la misma con un valor máximo de: 1000 lux cuando la intensidad de corriente bordea los 800 μA .

Tabla 5. 14. Iluminación mínima y máxima en fotorresistencias

	Reglamento 2393	Fotorresistencia
Mínimo	20 luxes	0 lux
Máximo	1000 luxes	1000 lux

Fuente: [3]

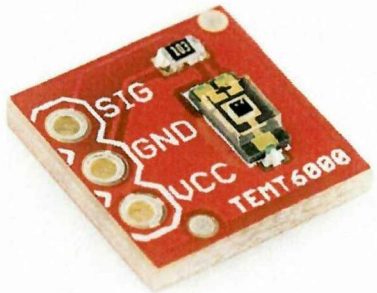
En la tabla 5.14 se ve un comparativa del valor mínimo y máximo según el reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional que va desde los 20 lux hasta los 1000 lux, son valores recomendados para cada actividad de trabajo donde el personal se ve involucrado. Las

características del sensor de iluminación son homologables al reglamento de seguridad ya que cumple el umbral adecuado para el dimensionamiento del reglamento legal en Ecuador.

El resultado del análisis de los tipos de sensores captadores de iluminación es la adquisición de un par de sensores Temt 6000 de la compañía SparkFun que son capaces y aptos para identificar riesgos ambientales de iluminación.

5.3.3. Características del sensor de iluminación Temt 6000

Tabla 5. 15. Características del sensor TEMT 6000

<i>Sensor TEMT 6000</i>	<i>Características</i>
	Rango de temperatura de: - 40°C a 85°C
	Temperatura de almacenamiento: -40°C ~ 85°C
	Pines: <ul style="list-style-type: none"> • S para la señal analógica de salida; • G para Ground • V para VCC

Fuente: [47]

La segunda variable que se valoro fue el ruido, según el decreto ejecutivo 2393 indica que los niveles máximos y mínimos donde el ruido tiene que ser valorado y estudiado para poder identificar si existe riesgos se menciona en la tabla 5.16.

Tabla 5. 16. Ruido mínimo y máximo en KY – 038

	Reglamento 2393	Ruido KY – 038
Mínimo	85 d.B.	48 d.B.
Máximo	115 d.B.	50 d.B.

Fuente: [3]

5.3.4. Temperatura y Humedad

5.3.5. DHT 11

Para la homologación de la normativa 2393 con el sensor DHT11 se analizó sus características típicas para la captación de valores como la temperatura.

Tabla 5. 17. Temperatura 2393 vs DHT 11

	Reglamento 2393	Temperatura DHT 11
Mínimo	-18°C	0°C
Máximo	70°C	50°C

Fuente: [3]

Tabla 5. 18. Humedad 2393 vs DHT 11

	Reglamento 2393	Humedad DHT 11
Mínimo	30%	20%
Máximo	70%	80%

Fuente: [3]

5.3.6. DHT 22

Tabla 5. 19. Humedad 2393 vs DHT 22

	Reglamento 2393	Humedad DHT 22
Mínimo	30%	0%
Máximo	70%	100%

Fuente: [3]

Tabla 5. 20. Temperatura 2393 vs DHT 22

	Reglamento 2393	Temperatura DHT 22
Mínimo	-18°C	-40°C
Máximo	70°C	125°C

Fuente: [3]

5.3.7. DHT 11 vs DHT 22

Tabla 5. 21. Comparativa DHT22 vs DHT 11

	DHT 11-22		DHT 11					DHT 22				
	3V3 -5VDC	2.5 mA	±5%	(20 a 80)%	(0 a 50)°C	1 Hz	±2°C	±2%	(0 a 100)%	(-40 a 125)°C	0.5 Hz	±0,5°C
Alimentación												
Corriente Max.												
Precisión Humedad												
Precisión Temp.												
Rango Humedad												
Rango Temp.												
Velocidad Muestreo												

Fuente: [3]

5.3.8. Acelerómetros

Una vez terminado con la elección de sensores para determinar variables ambientales y una vez escogidas homologarlas lo más cercano posible a las características de rango y alcance, se

prosiguió con la determinación de análisis de sensores que puedan ser capaces de dar y captar las posiciones que realiza el trabajador en determinadas actividades.

Dos sensores utilizados para hallar medidas angulares son: los flexo sensores y los acelerómetros.

5.3.8.1. Flexo sensores.

Son elementos electrónicos que funcionan con el principio resistivo, básicamente son resistencias que cambian su valor en función del nivel de flexión, cuando no la hay no existe resistencia o llamada nula su valor es de 250ohm, cuando su flexión es máxima su resistencia tiene un valor de 100ohm.

Los flexo sensores vienen con un rango establecido de medida en función de su resistividad las cuales se pueden visualizar en la siguiente tabla 5.22 de homologación de medidas angulares.

Tabla 5. 22. Ángulos mínimos flexo sensor vs REBA

	REBA	Flexo sensor
Mínimo	Flexión o extensión > 0° y <15°	0°
Máximo	Flexión <60° o >100°	100°

Fuente: [3]

En la tabla 5.22 se puede visualizar la puntuación de la muñeca, se toma esta medida como mínima referencia gracias al método REBA ya que es el ángulo mínimo que puede valorar en todo el método, esta dimensión tiene una puntuación con un valor de 1 en el grupo B.

Para tomar la medida de referencia máxima se lo efectúa analizando el mismo método en función del método REBA se tomó a referencia de la puntuación del antebrazo teniendo un rango menor a 60° y mayor a 100°.

Para el análisis del método RULA se analizó las medidas angulares adoptadas mínimas y máximas existentes, necesarias para su evaluación como se muestra en la tabla 5.23.

Tabla 5. 23. Ángulos mínimos flexo sensor vs RULA

	RULA	Flexo sensor
Mínimo	Flexión entre 0° y 10°	0°
Máximo	Flexión <60° o >100°	100°

Fuente: [3]

El valor mínimo para determinar riesgo ergonómico por posturas es de una flexión entre 0° a 10° con una puntuación del cuello de 1.

Como valor máximo se tomó la referencia del antebrazo con una puntuación de 2 valor realizado por la flexión del antebrazo de menor a 60 grados y mayor a 100 grados.

Según el análisis estudiado se puede predecir que el flexo sensor es un captador apto para ser introducido en el traje monitoreador.

La estrategia para unir flexo sensores fue de acoplarlos a las extremidades del cuerpo donde se generaría un movimiento por ejemplo en la imagen x se puede visualizar el flexo sensor ubicado en el pie derecho como prueba de su funcionamiento.



Figura 5. 7. Prototipo a base de flexo sensor

Fuente: [3]

En el lado derecho se puede ver la construcción de un pequeño prototipo realizado con tela elástica en el pie derecho, está constituido por velcro sistema de sujeción por enganche entre

sí. Mientras que en el lado izquierdo se visualiza al flexo sensor ubicado en el prototipo realizado de la pierna.

Los resultados obtenidos con el primer sistema de prototipado de un traje fue que es muy difícil de obtener medidas angulares a partir de partes de tela pegadas al cuerpo, ya que estas mismas si no se encuentran exactamente en el ángulo de flexión del cuerpo no lo medirán correctamente, por otra parte el sistema efectuado tiende a romperse ya que el velcro necesita que este pegado a la tela tipo elástico, y por último el rango de medida del flexo sensor no funciona en su totalidad con respecto a los métodos de evaluación ergonómicos.

Uno de los problemas en el primer prototipo fallido fue el acople del sensor en el cuerpo por aquellos se decidió por adquirir un sensor IMU Shield que equipado con un sistema en un chip LSM9DS1 incorporado que aloja un acelerómetro de 3 ejes, un giroscopio de 3 ejes y un magnetómetro de 3 ejes.

5.3.8.2. SparkFun Photon IMU Shield

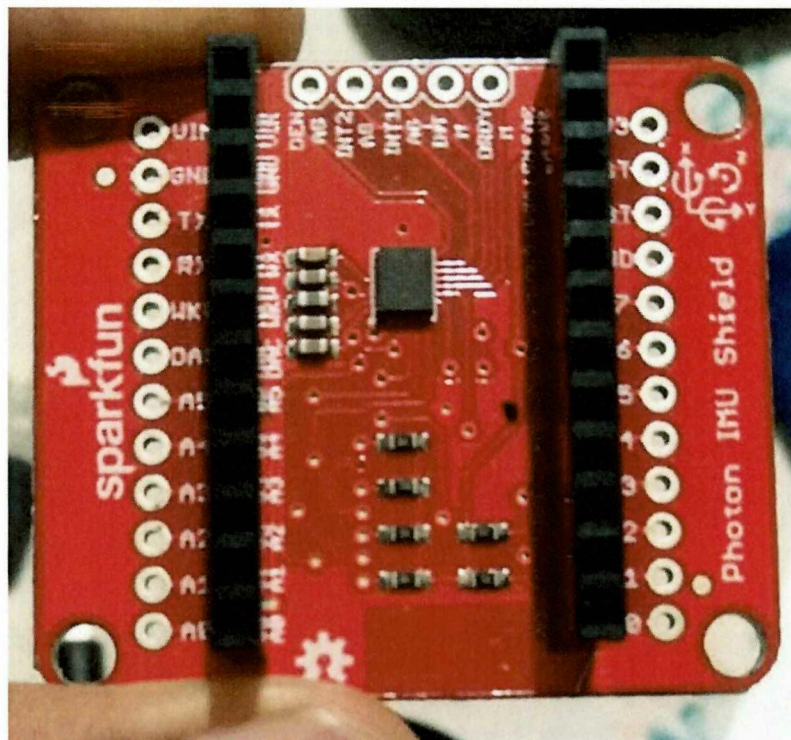


Figura 5. 8. IMU Shield Photon

Fuente: [39]

En la tabla 5.24 se analizó los niveles de valores angulares REBA, RULA respecto las características del IMU Shield Photon.

Tabla 5. 24. Ángulos mínimos IMU Shield PHOTON vs REBA

	REBA	IMU SHIELD
Mínimo	Flexión o extensión > 0° y <15°	Giroscopio de 3 ejes ± 245, 500, 2000°
Máximo	Flexión <60° o >100°	360°
	RULA	Flexo sensor
Mínimo	Flexión entre 0° y 10°	Giroscopio de 3 ejes ± 245, 500, 2000°
Máximo	Flexión <60° o >100°	360°

Fuente: [3]

En la tabla 5.24 se verifico que las medidas angulares del IMU Shield Pothon están más que aptos para realizar una identificación y hasta análisis ergonómicos de posturas de trabajo. Este módulo electrónico funciona únicamente con los micro-procesadores Pothon de la compañía particle, ya que son acoplables a el microprocesador.

Este conjunto de sistema de adopción se lo tratara de unir al traje monitoreador en cada uno de sus partes estratégicas.

5.2.2. Actividad “Estudio de micro-procesadores IoT.”

Una vez que determinamos los tipos de sensores más idóneos a utilizar en el proyecto se adquirió microprocesadores que puedan comunicarse, alimentarse de energía, con los captadores.

A través del análisis de selección de sensores se puede palpar que es necesario adquirir un Photon de Particle (Fotón de partículas), porque son los únicos con que funcionan los IMU Shield Photon por sus características y sus dimensiones.

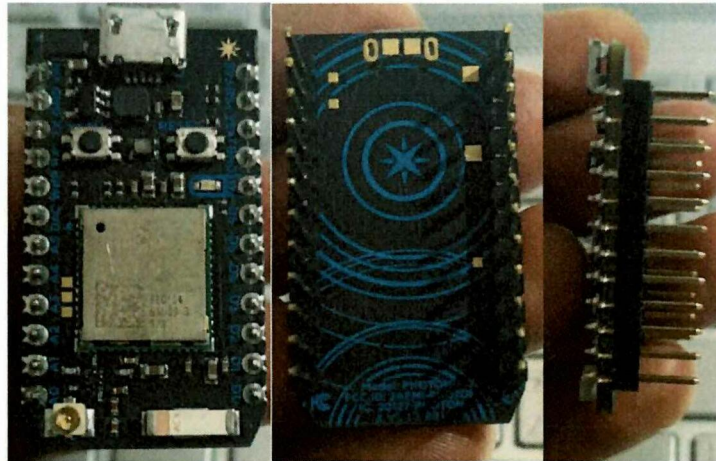


Figura 5. 9. Photon de particle

Fuente: [3]

En la figura 5.9 se puede visualizar el pothon de particle, que será acoplado con las placas del IMU Shield Photon.

Las características del módulo de particle se pueden ver en la Tabla 5.25.

Tabla 5. 25. Características del Photon de Particle

Módulo Particle P0 Wi-Fi

<i>Chip WiFi Broadcom BCM43362</i>
<i>802.11b/g/n Wi-Fi</i>
<i>STM32F205 120Mhz ARM Cortex M3</i>
<i>1MB flash, 128KB RAM</i>
<i>LED RGB para estados</i>
<i>18 señales combinadas GPIO y periféricos avanzados</i>
<i>Diseño de fuente abierta</i>

Fuente:[46]

El photon de particle ha sido insertado en el proyecto con la finalidad de ser conectado con el IMU Shield, y generar valores angulares respecto a la posición donde se encuentre el trabajador llevando el sensor, para la ubicación en sitios estratégicos del traje. Este sistema de visualización de ángulos permitirá determinar riesgos a posturas forzadas y carga postural.

Uno de los aspectos importantes que recaímos en la adquisición del módulo microcontrolador es su conectividad Wifi, cumpliendo con el principio de la propuesta tecnológica, que tiene que ser inalámbrico. Es un módulo versátil que se lo puede validar y ejecutar a través de una app llamada particle.

Raspberry Pi

El microcontrolador que se utilizó fue un raspberry pi 3B, donde cada uno de los sensores que determinen riesgos ambientales como: iluminación, ruido, temperatura y humedad. Las dimensiones que procesara el raspberry pi fueron análogas es decir que se necesita de un integrado que sea capaz de comunicarse con el Raspberry pi y más aun de precisar las señales análogas, ya que el Raspberry pi no contiene pines análogos, solo digitales.

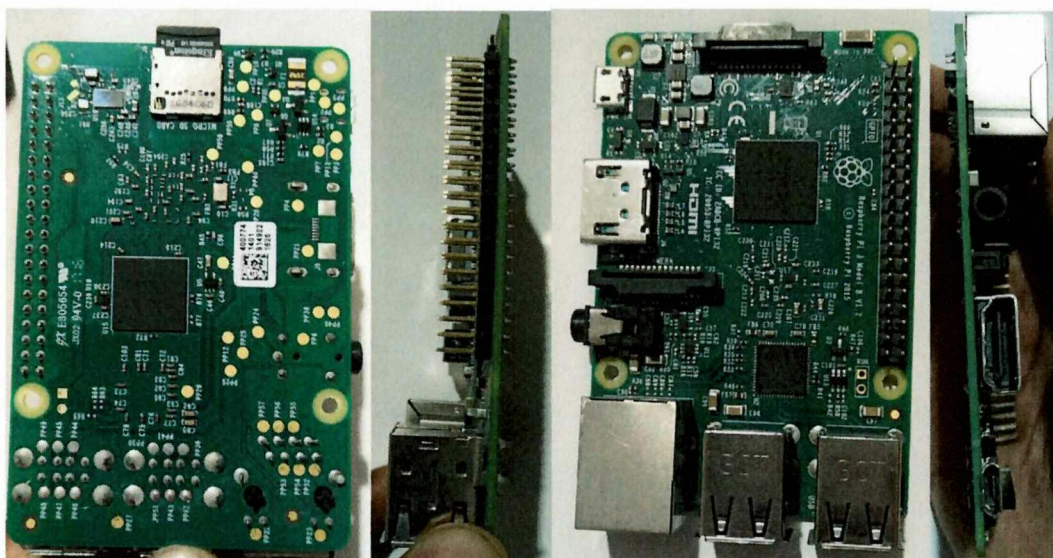


Figura 5. 10. Raspberry Pi 3B

Fuente: [3]

Tabla 5. 26. Características del Raspberry Pi 3B

Raspberry Pi 3B

<i>CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz</i>
<i>RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM</i>
<i>Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE</i>
<i>Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)</i>
<i>GPIO de 40 pines</i>
<i>HDMI</i>
<i>4 puertos USB 2.0</i>
<i>Salida de audio estéreo y video compuesto</i>
<i>Micro-SD</i>
<i>Power-over-Ethernet (PoE)</i>

Fuente: [39]

Para poder comunicar y conectar los sensores ya escogidos se implementó el siguiente integrado.

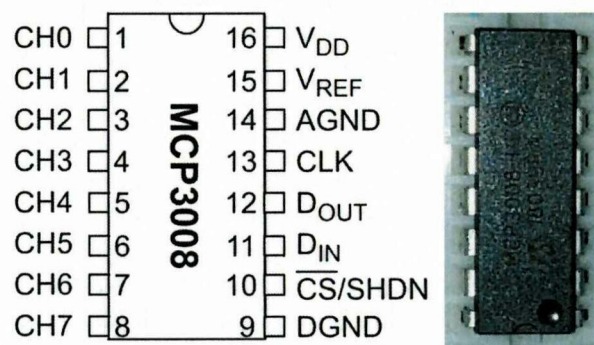


Figura 5. 11. Integrado MCP3008

Fuente: [48]

El Microchip Technology Inc. MCP3004 / 3008 es un convertidor analógico a la digital (A / D) de aproximación sucesiva de 10 bits con muestra incorporada. El MCP3004 es programable para Proporcionar dos pares de entradas pseudo-diferenciales o cuatro Entradas de un solo extremo. Con todos los elementos se llegó al resultado teóricamente que se podrá obtener conexión inalámbrica.

5.2.3. Actividad “Conexión del sistema software y hardware del traje monitoreador inalámbrico.”

5.2.4. Tecnología para Riesgos Ergonómicos

Los riesgos ergonómicos en un entorno de trabajo vienen acompañados por la variables angulares que provoca las extremidades del trabajador por lo que para identificarlas se lo hace de una manera inexacta, a través de una matriz de riesgoso muchas veces a través de procedimientos tradicionales que a la final tienen un tiempo extenso de demora y es necesario la utilización de equipos de medida ergonómicos, como los graduadores Ergonómicos, las fotografías entre otros elementos, estos equipos, materiales solamente son quienes a la final miden valores angulares.

La tecnología hoy en día camina a pasos agigantados, su apego a ella trae muchos beneficios para todos los involucrados en un entorno de trabajo. A través del estudio de varias de ellas se incrusto la llamada IoT, fue importante en la idea de la propuesta tecnológica por qué se hace mucho más fácil su desarrollo ya que contienen mucha información de código abierto que ayuda a llevarla a cabo.

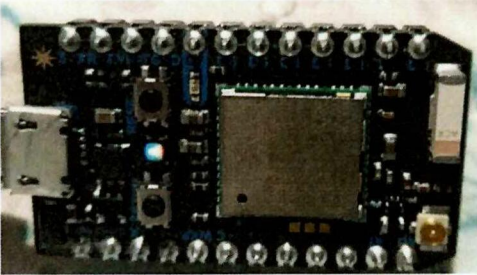
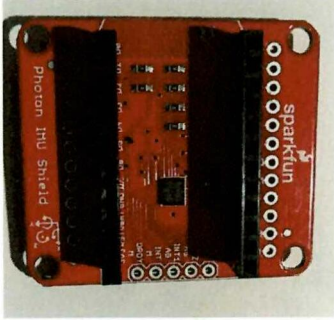
El IoT abarca tecnología open source tanto en Hardware como en Software, el primero básicamente todo lo físico, como sensores, microcontroladores, etc, y el segundo todo lo intangible como plataformas virtuales, de videojuegos, de base de datos etc. Se trabajó con las dos con el fin de estructurar el proyecto.

5.2.5. Hardware para Riesgos Ergonómicos

Se aplicó 2 tipos de tecnología en el traje con el fin de determinar riesgos ergonómicos de manera inalámbrica, virtual y en tiempo real, los cuales ayudaron a generar una interface gráfica de humanoide virtual, en tiempo real, pudiendo ver desde nuestra oficina y cualquier parte las actividades que realiza de manera cómoda.

Tabla 33. Tecnologías y Justificación del Hardware.

Tabla 5. 27. Tecnologías y Justificación del Hardware

Tecnología IoT	
	
Justificación	
<p>Photon de Particle</p> <p>Este microcontrolador transmitió la variable “ángulo” del traje a una plataforma de videojuegos llamada Unity.</p>	<p>IMU Shield Photon</p> <p>Es un sensor acelerómetro, giroscopio que determina los valores angulares en función de su posición y van pegadas en el traje.</p>

Fuente: [3]

En la tabla vemos la justificación de la utilización del hardware IoT para la conexión vía Wifi a las plataformas virtuales. Para hacerla aún más inalámbricamente se utilizará una batería recargable tipo lipo de 6000Ma a 3.7 voltios como se puede ver en la siguiente figura 5.12.



Figura 5. 12. Batería Lipo 3200 m.A

Fuente: [3]

El conjunto de elementos que se implementó en traje son 4, estos llamados, Tecnología Nodos ya que irán en 8 nodos estratégicos del traje para poder captar el movimiento de la persona.

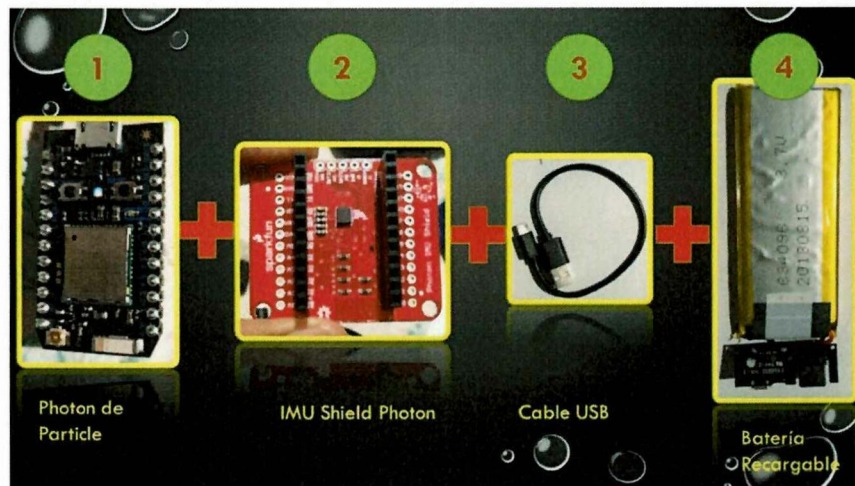


Figura 5. 13. Conjunto de Nodos

Fuente: [3]

Los resultados de acoplarlos son el monitoreo inalámbrico de la actividad del trabajador en tiempo real. El conjunto de nodos que se implementara en el traje son de alrededor de 8 que fueron repartidas en lugares donde existe movimiento que se evaluara según los métodos de posturas ergonómicas.

5.2.6. Software para Riesgos Ergonómicos

El software utilizado en la propuesta tecnológica para determinar riesgos ergonómicos fue un verdadero reto, donde inicialmente se programó su código a través de librerías con el propósito de enviar sus condiciones a la plataforma de videojuegos llamada Unity.

A través del registro en la plataforma online de código perteneciente a particle se prosiguió a efectuar la programación de cada uno los sensores que en su totalidad serán 8.

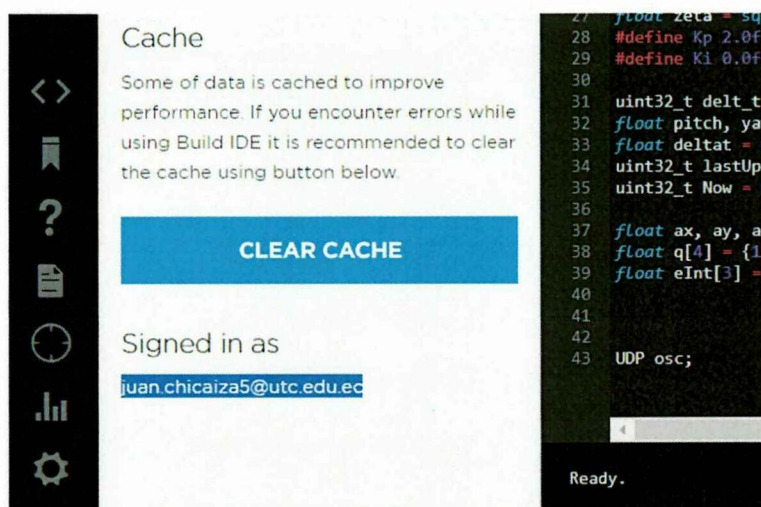


Figura 5. 14. Interface Photon Build

Fuente: [3]

En la imagen se puede visualizar el registro exitoso a través del correo institucional. El código de programación básicamente lo que hace es conectarse UDP y OSC que permite el uso de una conexión Internet a través de una dirección IP Generando una puerta de enlace con su numeración 7001 como se puede visualizar en la imagen.

```

43  UDP osc;
44  IPAddress outIp(192, 168, 1, 7);
45  //IPAddress outIp(192, 168, 1, 202);
46
47  unsigned int outPort = 7001;
48  unsigned int inPort = 7001;
49
50  // This #include statement was automatically added by the Particle IDE.
51  #include <SparkFunLSM9DS1.h>
52  /*****
53  LSM9DS1_Basic_I2C.ino
54  See LSM9DS1_Library_Simple_Example_Code_I2C_Interface

```

Figura 5. 15. Conexión a puertos Osc

Fuente: [3]

Para probar que la conexión bajo el protocolo UDP osc este correcto se hace el uso de un software llamado OSC Data Monitor, donde a través de las puertas de enlace del 7000 al 7008 se podrá ver en tiempo real el comportamiento de los ocho conjuntos de nodos.

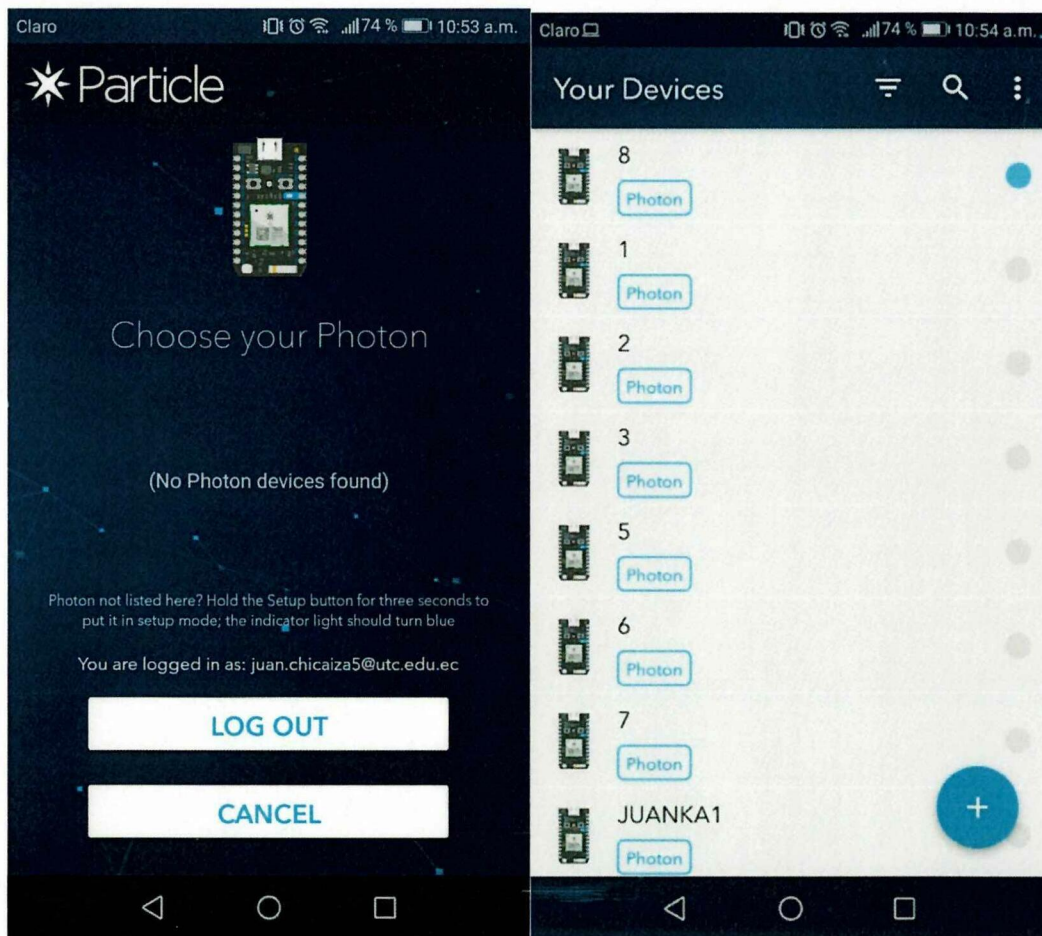


Figura 5. 16. Devices Photon

Fuente: [3]

En la imagen se puede visualizar la interface de validación de los Pothones de particle, en la parte izquierda muestra la validación de datos a través del registro de la cuenta institucional del autor. En la parte derecha se ve el total de módulos puestos en marcha los que son marcados con un punto azul, hace referencia al funcionamiento en tiempo real del mismo, mientras que los que no muestra el punto azul son aquellos desconectado de la red.

Toda esta conexión se lo realiza gracias al Wifi, siempre y cuando los módulos estén conectados en la misma red Wifi que el router o quien genere la red de internet.

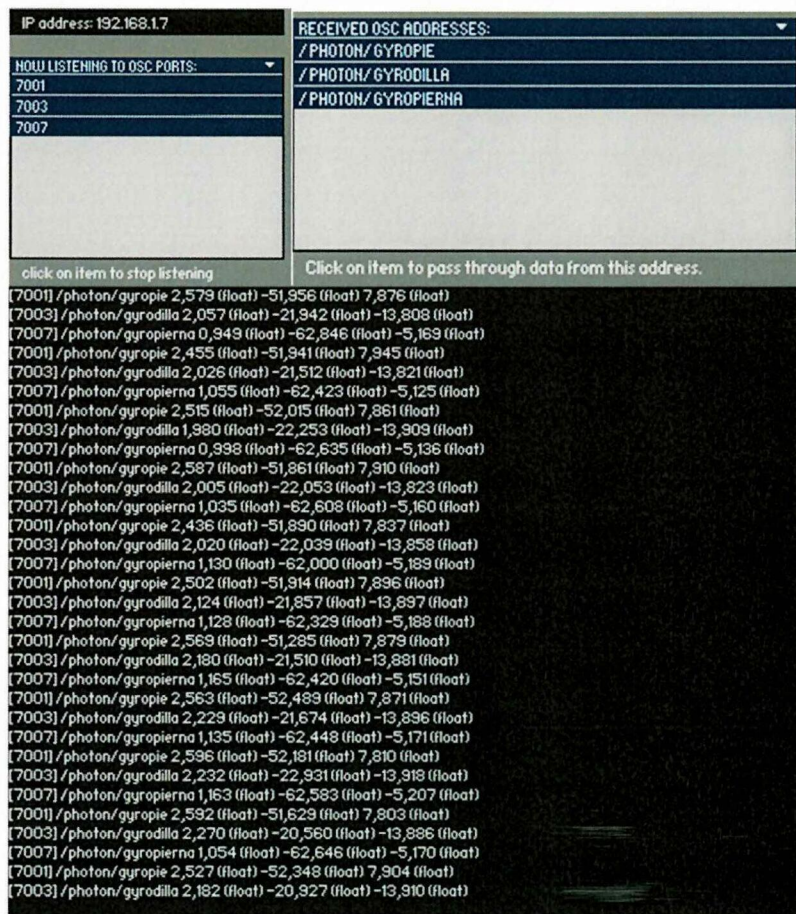


Figura 5. 17. Conexión Osc con los photonos

Fuente: [3]

Para validar la información que generaron los nodos fue necesario estar seguros del funcionamiento adecuado de cada uno de los mismos. Se utilizó un software llamado Osc Data Monitor que a través de la conexión IP se genera puertos de comunicación como los 7001, 7003, 7007 en esta imagen, correspondientes al pie, rodilla y pierna, respectivamente estos valores son ploteados en tiempo real e inalámbricamente cada 100 ms.

Una vez validadas la programación y conexión de los nodos lo que se prosigue fue cargarla a la plataforma de videojuegos llamada Unity donde se pudo visualizar una interface humanoide virtual el cual es dinámico en función del movimiento de los acelerómetros.

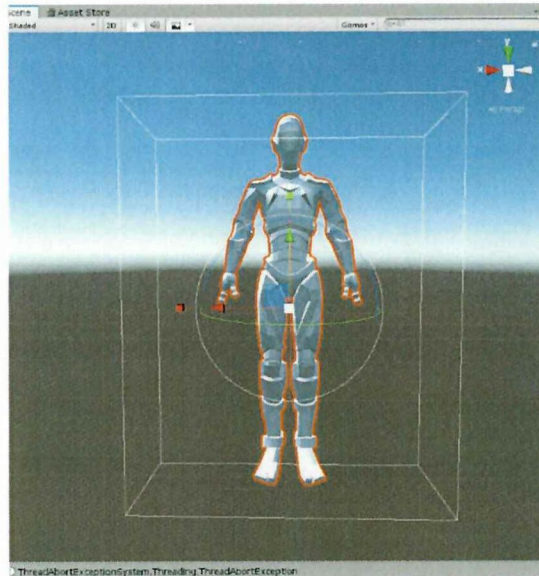


Figura 5. 18. Humanoide Virtual

Fuente: [3]

El humanoide consta de varios nodos que son: rodilla, pierna, torso, cabeza, manos, pie, hombros, codos, y las manos.

5.2.7. Tecnología para Riesgos Ambientales

Se introdujo tecnología IoT para la captación de variables ambientales como son: la temperatura, humedad, ruido e iluminación una vez determinado los mismos se conecta al raspberry pi 3B para enviar vía wifi las variables a la plataforma IoT llamada Plotly.

5.2.8. Hardware para riesgos ambientales.

La determinación de variables ambientales se las llevó a cabo gracias a la conexión y programación de varios sensores adecuados. La conexión de elementos para determinar variable temperatura y humedad se la puede ver en la figura 23.

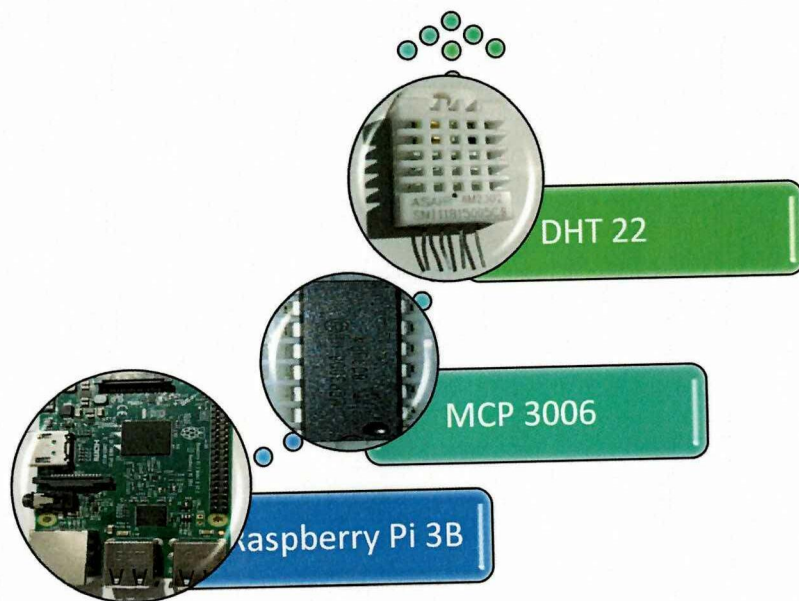


Figura 5. 19. Elementos de captación Temperatura y Humedad

Fuente: [3]

En la figura 23 se puede ver el conjunto de elementos que se ocupó para conectar el sensor de temperatura y humedad, este sensor se poner en marcha gracias a la implementación de un integrado MCP 3008 que convierte la señal de digital a análoga, para luego ser tratada en el raspberry pi 3B.

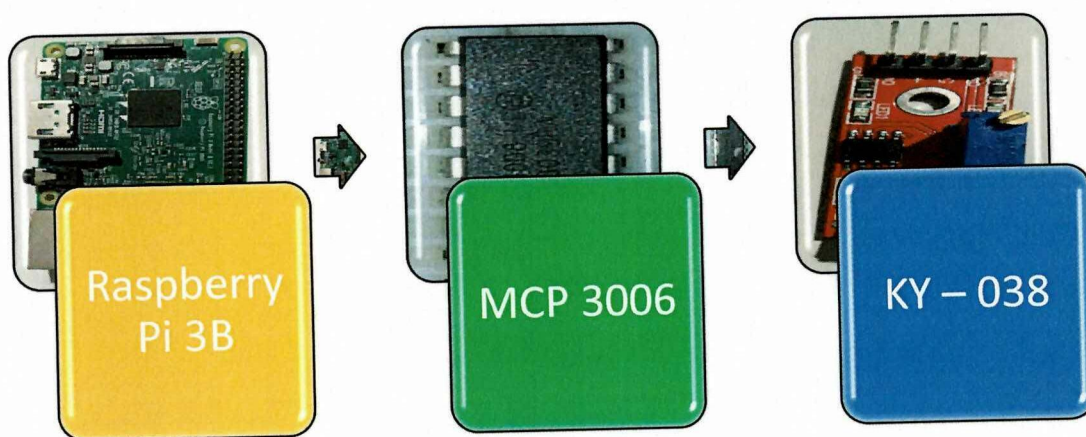


Figura 5. 20. Elementos de captación de ruido

Fuente: [3]

En la figura 5.20 se detalla los elementos incrustados en el traje para poder ser comunicados vía inalámbricamente a través de la conexión WiFi.

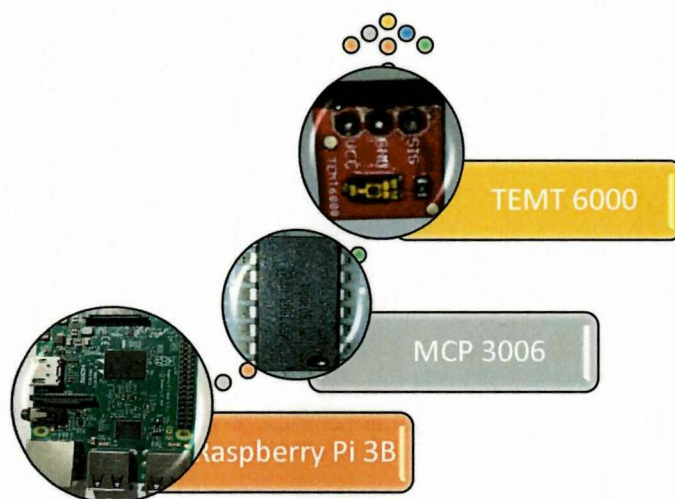


Figura 5. 21. Elementos de captación de iluminación

Fuente: Autor

Tabla 5. 28. Identificación de riesgos laborales vs Elementos IoT

		Identificación de riesgos por carga postural y posturas forzadas.					Elementos IoT			
		REBA	RULA	Estudio Iluminación	Estudio Ruido	Estudio Estrés Térmico	DHT - 22	KY - 036	TEMT - 6000	ACELERÓMETRO
Variables	Sonido									

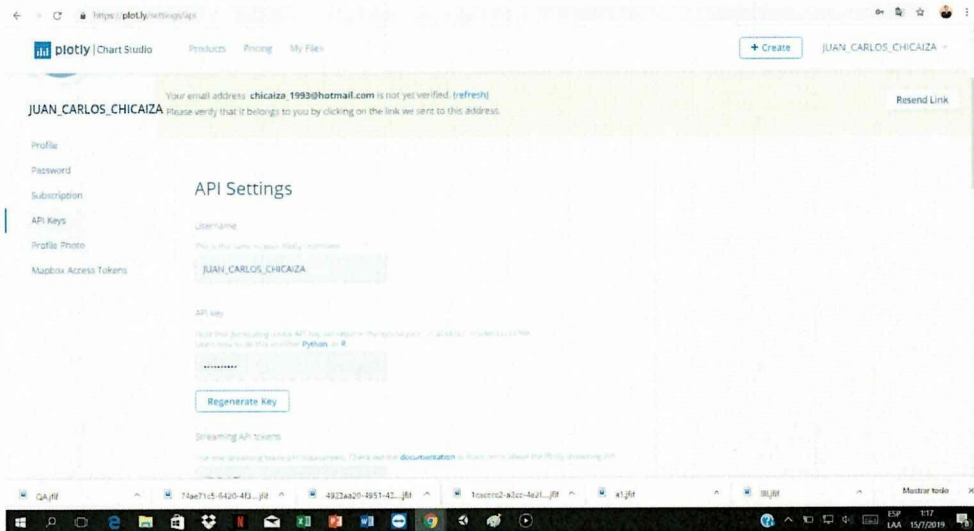


Figura 5. 24. Api Keys de comunicación

Fuente: [3]

5.2.10. Tecnología para Riesgos Ergonómicos

Las tecnologías ocupadas dentro de la comunicación inalámbrica de los sensores y los microprocesadores fueron llevados a cabo gracias a la interacción en plataformas virtuales

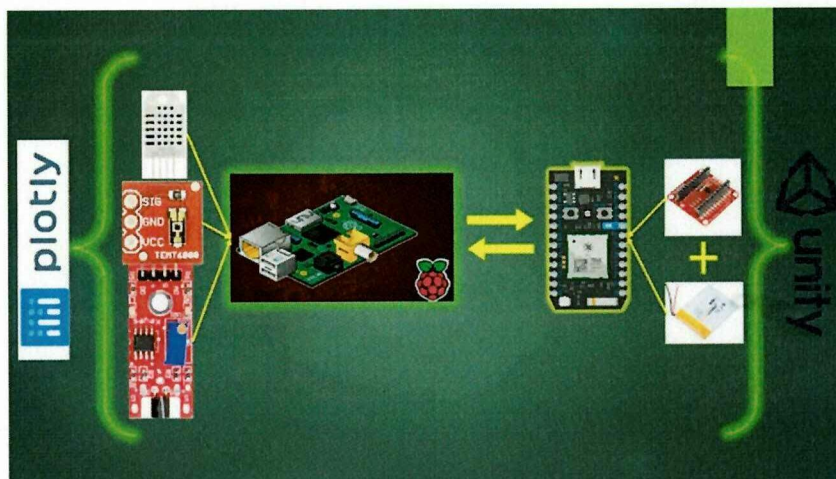


Figura 5. 25. Tecnología IoT del traje







Fuente: [3]

5.3. Cumplimiento del objetivo 3

“Desarrollar la estructura física del traje monitoreador inalámbrico para que sea posible captar variables ergonómicas y ambientales mediante la ubicación en sitios estratégicos de varios sensores”

5.3.1. Actividad “Selección de un traje adecuado para actividades laborales”

Tabla 5. 29. Tipos de trajes según la actividad en el entorno

		Imagen	Tipo	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Ropa de protección: TIPOS Y CLASES	Riesgos de tipo mecánico.		Camisa y Jean			
	Calor y el fuego.		Overol Enterizo			
	Riesgo químico.		Ropa de Protección Química			
	Intemperie.		Ropa impermeable			
	Riesgos biológicos.		Bata			
	Radiaciones (ionizantes y no ionizantes).		Ropa de blindaje electromagnético			

	Alta visibilidad		Ropa Reflectante			
	Riesgos eléctricos		Ropa Overol tipo dieléctrico			
	Antiestática					

Fuente: [3]

5.3.2. Actividad “Determinación de la ubicación de los elementos IoT en el traje.”

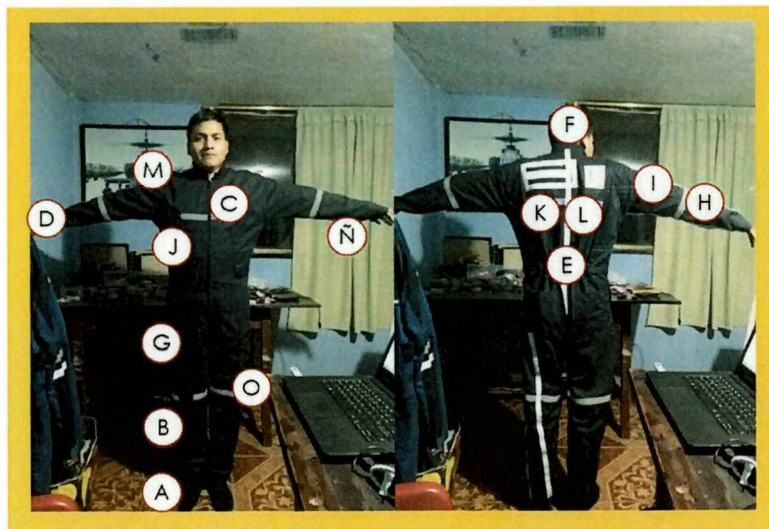


Figura 5. 26. Ubicación de la Tecnología IoT en el traje

Fuente: [3]

Tabla 5. 30. Justificación del sensor y microprocesador en el traje

Ubicación	Tecnología IoT	Sensor	Micro-procesador	Justificación
A	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento del pie.

B	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento de la pierna.
D	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento de la mano.
E	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento del tronco.
F	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento de la cabeza.
G	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento de la cadera.
H	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento del brazo.
I	Pothon IMU Shield			Simular el movimiento del antebrazo.
J	DHT22			Determinar los niveles de temperatura y humedad.
K	Circuito central			Conexión de todos los

				elementos IoT.
L	Raspberry Pi			Procesador de información y comunicación inalámbrica con todos los elementos.
M	Temt 6000			Determinar el nivel de iluminación.
Ñ	Temt 6000			Determinar el nivel de reflexión de iluminación.

Fuente: [3]

5.3.3. Instalación en el traje de sensores / microprocesadores.”

Tabla 5. 31. Porta sensor con su respectivo detalle

Porta sensor

Detalle



Adaptador del circuito central de conexión entre el raspberry pi y el pothon que comunicaran todos los sensores.



Adaptador de una de las ocho baterías para alimentar a los pothones de particle y los acelerómetros.



Carcasa del raspberry pi acoplada en el traje monitoreador.



Estuche del circuito central de comunicación entre los pothones y el raspberry pi.



Colocación en el traje del circuito de control y el raspberry pi.



Porta adaptador de la batería de alimentación del pothon en su respectivo acelerómetro.



Porta adaptador de los microprocesadores pothon de particle con su respectivo acelerómetro en una cajita para ser pegado en el traje.



Unidad e conjunto de nodos que van pegados en el traje monitoreador inalámbrico de condiciones laborales.

Fuente: [3]

5.4. Cumplimiento del objetivo 4

Monitorear con el traje las condiciones laborales de un puesto de trabajo para identificar variables Ambientales y Ergonómicas usando metodologías de valoración cuantitativas.

5.4.1. “Actividad. Análisis de las variables de riesgos físicos Ambientales y Ergonómicos.

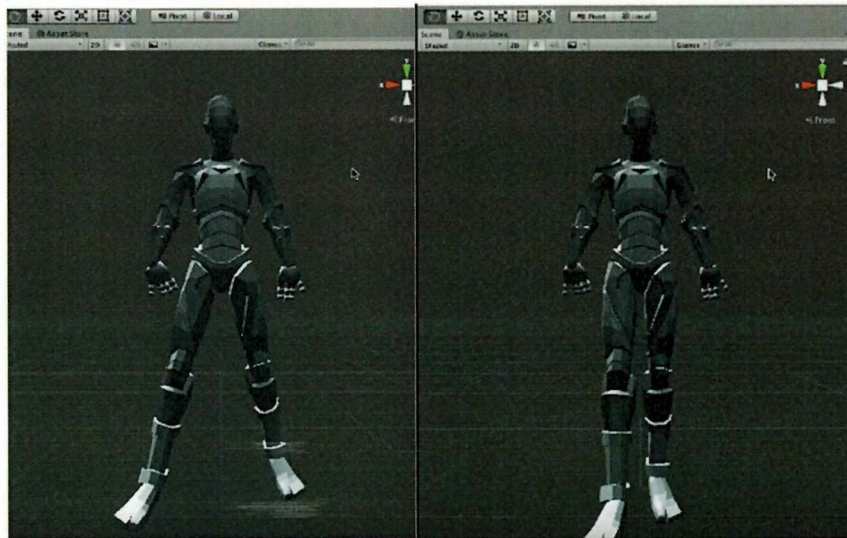


Figura 5. 27. Humanoide virtual

Fuente: [3]

5.5. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el presente proyecto datan sobre el monitoreo de variables ergonómicas en determinado puesto de trabajo detallando en teoría como funcionaria el traje monitoreador inalámbrico. Para aquello se lo puso en marcha en la empresa Proalimentos S.A. organización que se dedicada a la venta y suministro de granos como el chocho, pasas, almendras, etc.



Figura 5. 28. Trabajador Proalimentos S.A.

Fuente: [3]

Se identificó cuáles serían los movimientos más realizados por el trabajador, en la empresa Proalimentos S.A. en donde se llegó a los siguientes resultados.

Aquí se determinó cuáles son las posturas más adoptadas por el trabajador las cuales se detalla a continuación.

- Tronco
- Cuello
- Piernas
- Brazo
- Muñeca

En base a estos resultados se homologó las posturas estandarizadas de evaluación ergonómica con las posturas, que el traje lo emularía en tiempo real con el trabajador.

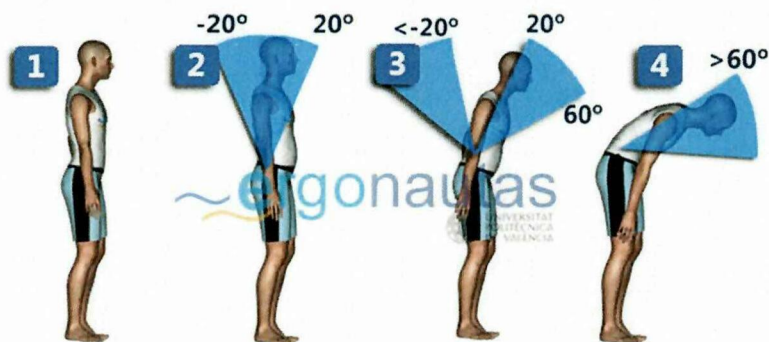


Figura 5. 29. Ángulos del tronco A Ergonautas.

Fuente: [3]

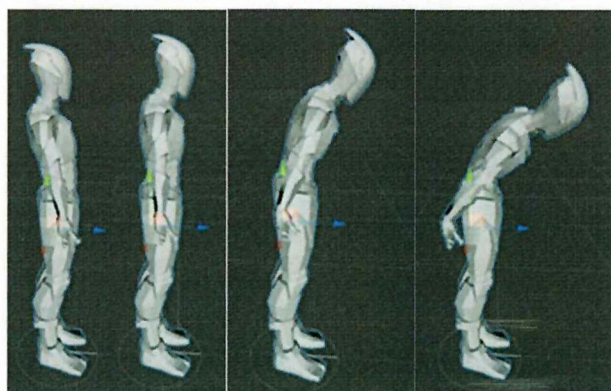


Figura 5. 30. Ángulos del tronco A Traje Monitoreador

Fuente: [24]

En la figura 5.29 se puede apreciar el dimensionamiento del ángulo con el tronco que la plataforma ergonautas lo tiene como ejemplo de evaluación, y en la figura 5.30 se puede apreciar como lo emularía nuestro traje monitoreador inalámbrico con la ayuda de la plataforma de videojuegos Unity.



Figura 5. 31. Ángulos del tronco B Ergonautas

Fuente: [24]

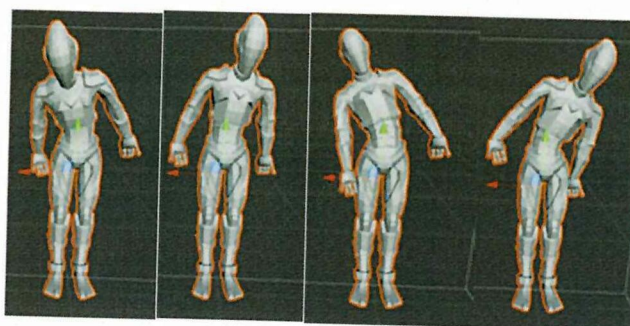


Figura 5. 32. Ángulos del tronco B Traje Monitoreador

Fuente: [3]

En la figura 5.31 se puede visualizar los movimientos que realiza el tronco en función a su puntuación cabe recalcar que no se está evaluando el análisis ergonómico, sino se está comparando los resultados del traje monitoreador.

En la figura 5.23 se puede ver como nuestra propuesta tecnológica lo hace gracias a la ayuda de los acelerómetros implementados en el traje.

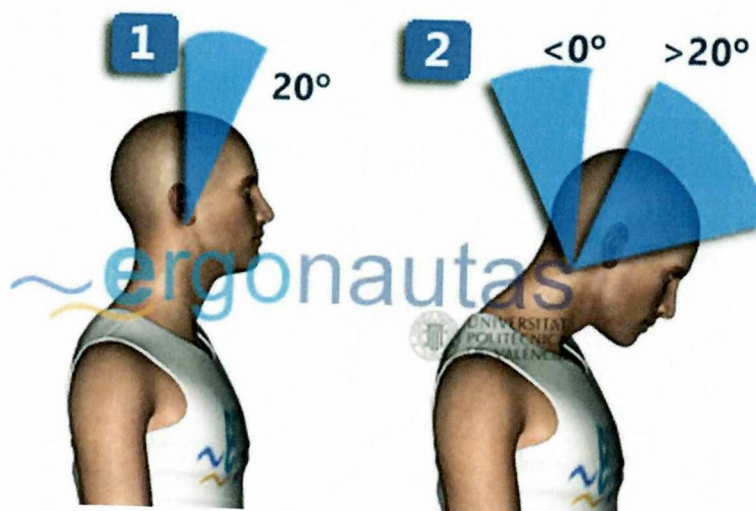


Figura 5. 33. Ángulos del cuello A Ergonautas

Fuente: [24]

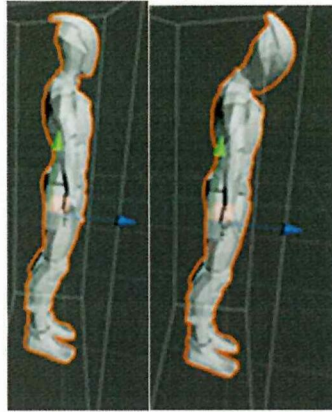


Figura 5. 34. Ángulos del cuello A Traje Monitoreador

Fuente: [3]

Uno de los movimientos más adoptados por el trabajador es el movimiento repetitivo del cuello donde en la figura 5.33 de ergonautas lo dimensiona a partir de dicha imagen.

Para la simulación de la misma condición se puso en marcha el traje para visualizar como simularía tal movimiento a través de la interface gráfica del humanoide virtual generado gracias al traje monitoreador.



Figura 5. 35. Ángulos del cuello B Ergonautas

Fuente: [24]

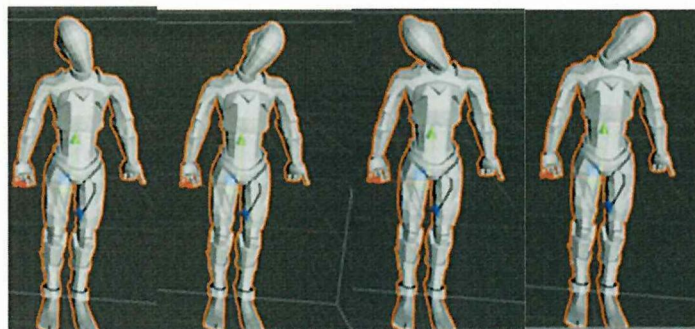


Figura 5. 36. Ángulos del cuello B Traje Monitoreador

Fuente: [3]

La comparativa de la figura 5.35 con la figura 5.36 es que la primera dimensiona el movimiento lateral con el inclinado dando como resultado la segunda figura con la ayuda del traje monitoreador inalámbrico.

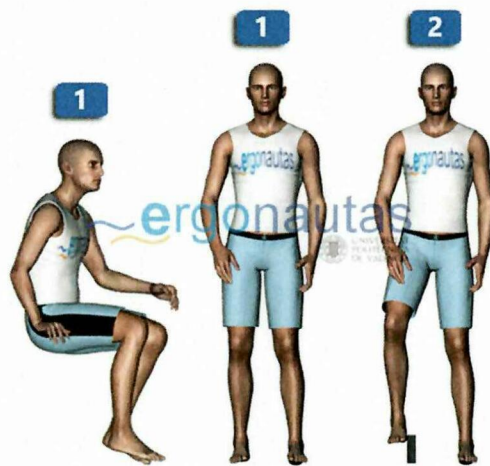


Figura 5. 37. Ángulos de las piernas A Ergonautas

Fuente: [24]

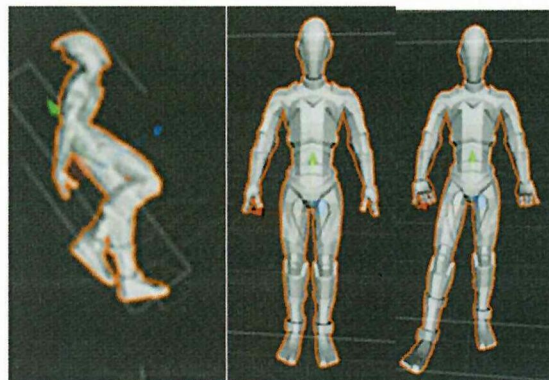


Figura 5. 38. Ángulos de las piernas A Traje Monitoreador

Fuente: [3]

En la figura 5.38 se aprecia el movimiento de las piernas con la ayuda de una gráfica de la plataforma ergonautas, mientras que en la figura 5.38 se simulo dicha postura con la ayuda del traje monitoreador inalámbrico, reflexionando que no lo hace nada mal.

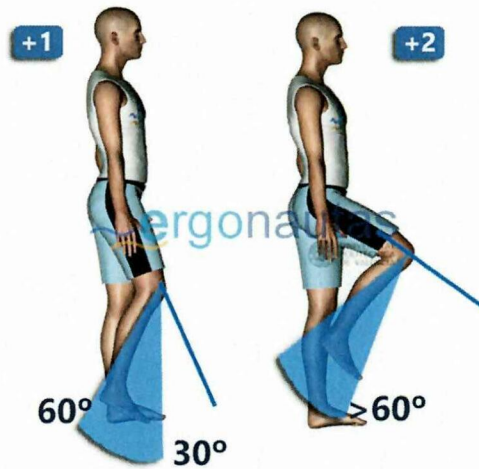


Figura 5. 39. Ángulos de las piernas B Ergonautas

Fuente: [24]

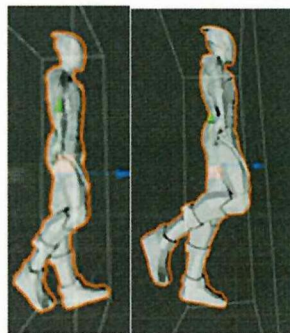


Figura 5. 40. Ángulos de las piernas B Traje Monitoreador

Fuente: [3]

En la figura 5.39 se visualiza el movimiento de las piernas, mientras que con la ayuda del traje se visualiza el mismo movimiento en la figura 5.40.

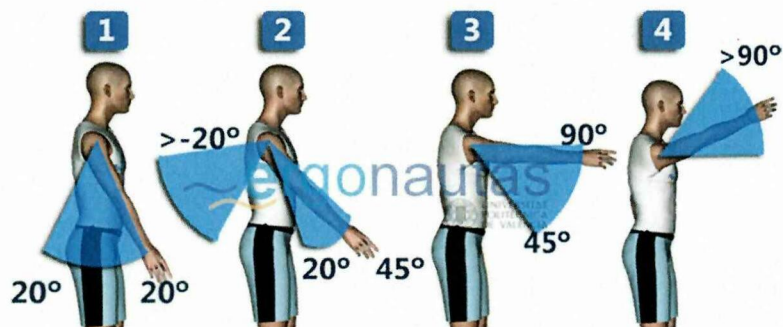


Figura 5. 41. Ángulos del brazo A Ergonautas

Fuente: [24]

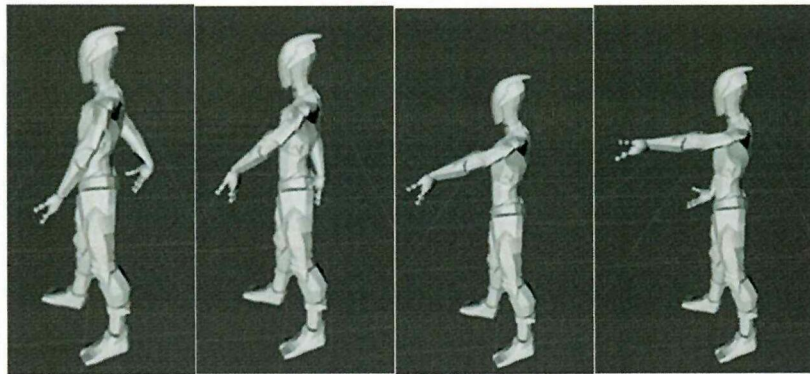


Figura 5. 42. Ángulos del brazo A Traje Monitoreador

Fuente: [3]

La puntuación del brazo se obtiene a partir de su flexión/extensión, midiendo el Angulo formado por el eje del brazo según la figura 5.41 mientras que con la ayuda del acelerómetro implementado en el traje se puede ver como lo simularía nuestra propuesta tecnológica según la figura 5.42.

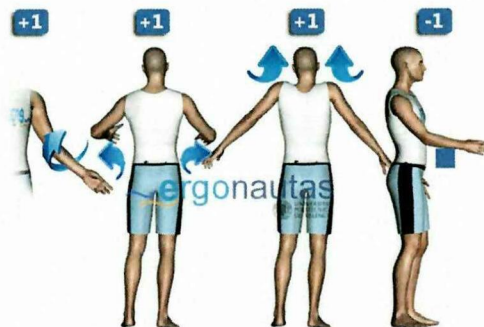


Figura 5. 43. Ángulos del brazo B Ergonautas

Fuente: [24]

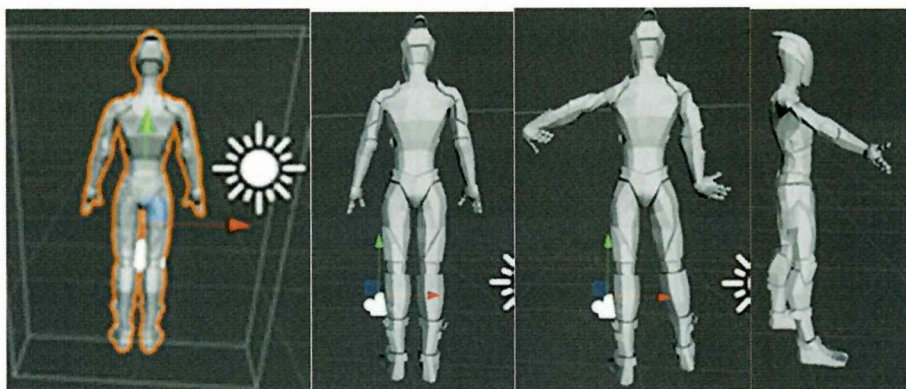


Figura 5. 44. Ángulos del brazo B Traje Monitoreador

Fuente: [3]

El movimiento de los brazos se aprecia en la figura 5.43, mientras que a través de nuestro proyecto se puede visualizar como lo efectuaría según la figura 5.44.

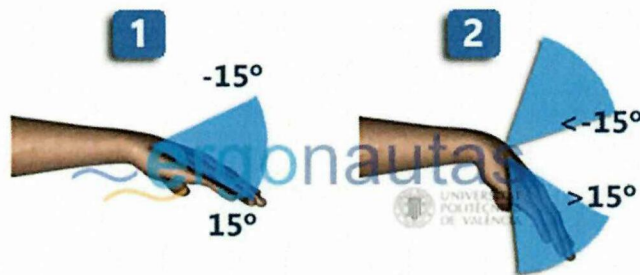


Figura 5. 45. Ángulos de la muñeca Ergonautas.

Fuente: [24]

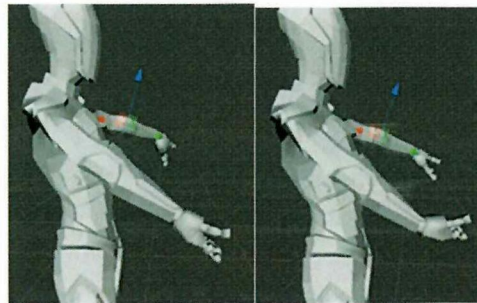


Figura 5. 46. Ángulos de la muñeca Traje Monitorador

Fuente: [3]

La puntuación de la muñeca se obtiene a partir del ángulo de flexión/extensión medido desde la posición neutra según la figura 5.45 mientras que con la ayuda de nuestra propuesta tecnológica se visualiza su movimiento a partir de la tecnología IoT.

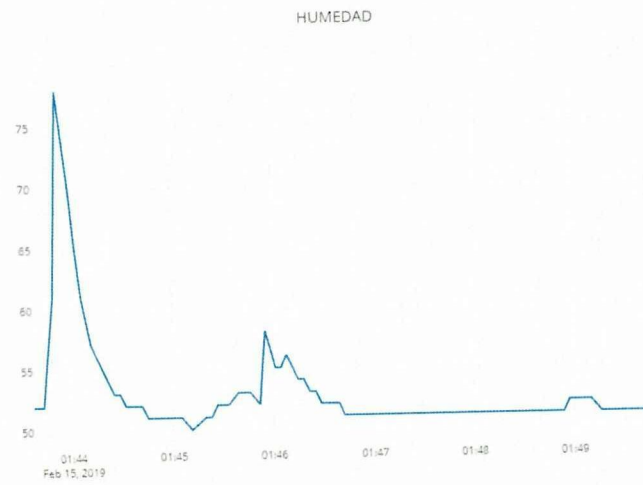


Figura 5. 47. Humedad generada por Plotly

Fuente: [3]

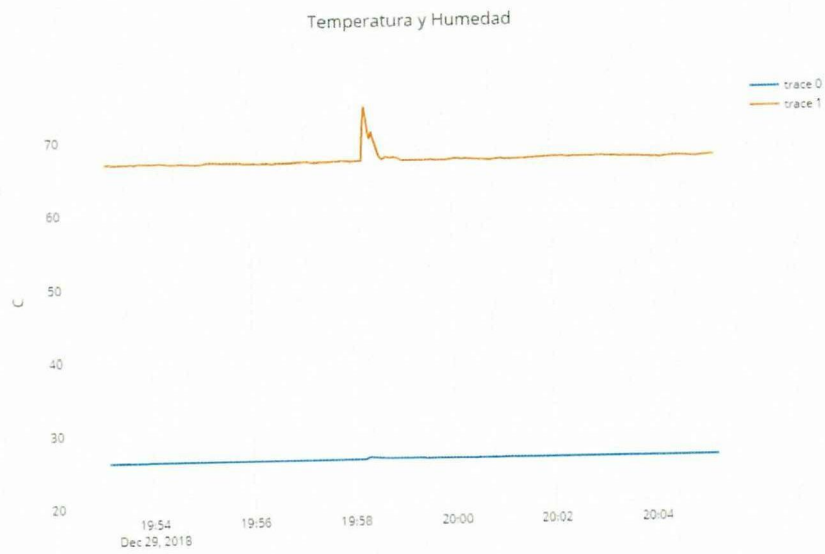


Figura 5. 48. Temperatura y Humedad generado por Plotly

Fuente: [3]

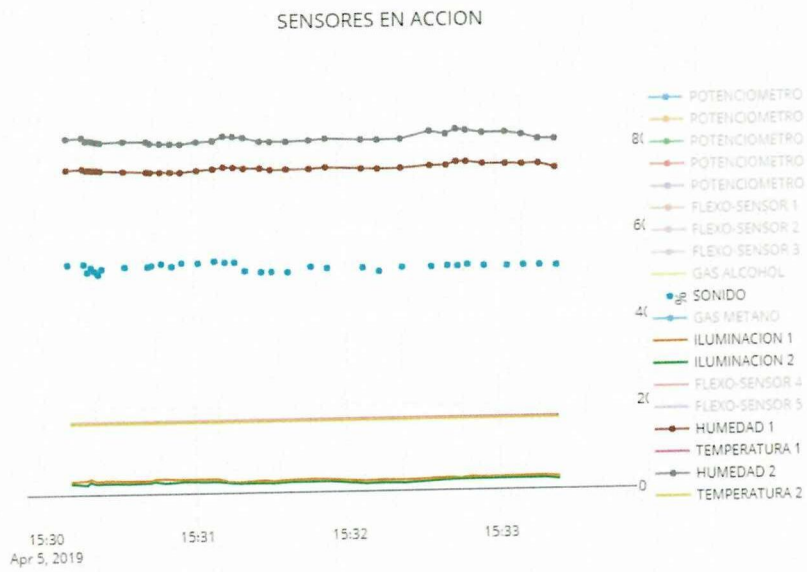


Figura 5. 49. Interface Plotly de condiciones ambientales

Fuente: [3]

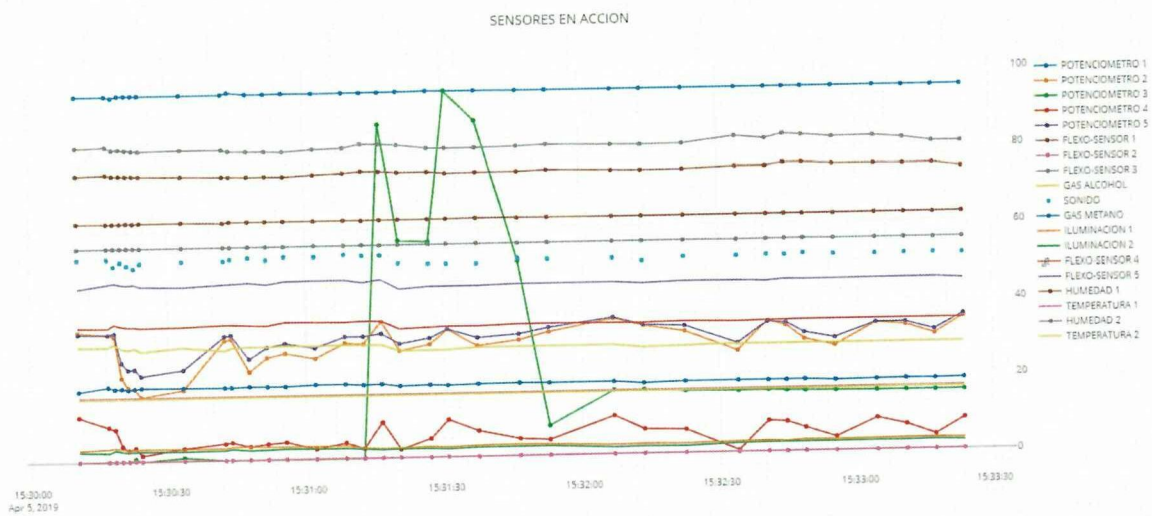


Figura 5. 50. Sensores en acción Plotly

Fuente: [3]



Figura 5. 51. Ruido, Iluminación, Temperatura y Humedad Plotly

Fuente: [3]

La interface de la plataforma virtual llamada plotly, permite graficar en tiempo real las condiciones del trabajador dentro de su propio entorno en figura 5.47 se visualiza las condiciones de la humedad en este caso solamente se está ploteando o graficando una sola condiciones, a comparación de la figura 5.48 que tenemos una interface de dos variables en este caso del sensor de temperatura y humedad DHT – 22 que a través de sus canales de captación en la interface llamada trace permite ver en la misma gráfica las condiciones tanto de temperatura como de humedad en sus propias escalas.

Esto ha sido un proceso enorme respecto a la obtención de datos en tiempo real no solamente de un sensor sino de $N + 1$ sensores, inicialmente se indicó que este proceso de variable ambientales no lo puede asimilar el microcomputador raspberry pi, ya que las señales que envían estas son análogas y el microcomputador solo capta señales digitales, frente a este problema se implementó un integrado llamado MCP 3008 que permite comunicar a través de un lenguaje a los sensores análogos con el microprocesador, tiene un máximo de entradas análogas igual a 8 en este proyecto se hizo la prueba con dos integrados mencionados pudiendo permitir obtener y visualizar alrededor de 16 entradas análogas. Como se puede apreciar en la figura 5.49.

Una de las bondades que tiene la plataforma plotly es que a través de su selección se las puede ir ocultando, esto facilita en la visualización concreta de una o dos variables a la vez con se puede visualizar en la figura 5.50 y 5.51.

Tabla 5. 32. Análisis de tiempos de monitoreo por proyectos similares

Proyecto/Método	Tiempo de ejecución
Traje monitoreador	15 min
ERGOWORK	No determinado
Termografía infrarroja	1 hora
SYMCA	2 min.
BodyScanner	4min
Convencional	Mínimo 8 horas

Fuente: [3]

Tabla 5. 33. Análisis de costos de monitoreo por proyectos similares

Proyecto/Método	Costos
Traje monitoreador	824,35 \$
ERGOWORK	No determinado > a 5000 \$
Termografía infrarroja	\$ 10000
SYMCA	\$ 35000
BodyScanner	\$ 35000
Convencional	\$ 2500

Fuente: [3]

Tabla 5. 34. Costos por análisis de métodos ambientales y ergonómicos

Nº	Métodos	Costo de evaluación incluido instrumentos de medida
1	Biomecánico	Todo este proceso de análisis netamente

2	REBA	ergonómico la consultoría industrial COOPOLA cobra un valor de 1560 \$ según (Loaisa, 2016)
3	RULA	
4	OWAS	
5	NIOSH	
6	SNOOK CIRIELLO	
7	ERP	
8	RUIDO	
9	ILUMINACION	

Fuente: [3]



Figura 5. 52. Análisis de Tiempos con otros sistemas

Fuente: [3]

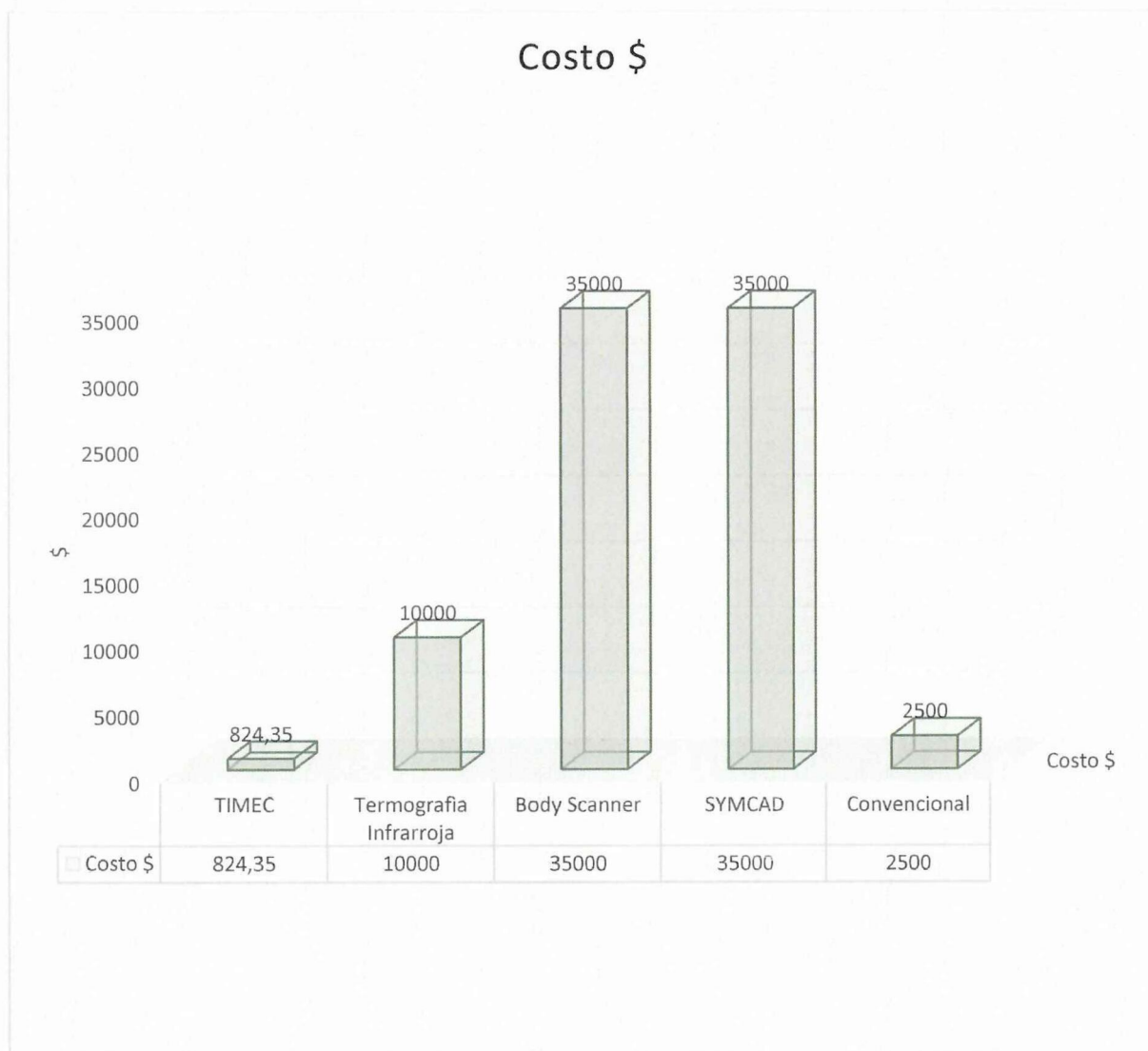


Figura 5. 53. Análisis de costos con otros sistemas

Fuente: [3]

Para la puesta en marcha del traje se realizó una homologación de posturas de trabajo. Estos aspectos ergonómicos permitieron tener en cuenta las posibilidades de monitorear en tiempo real los movimientos del trabajador de manera inalámbrica

6. PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1.Presupuesto

Tabla 6. 1. Presupuesto del proyecto

Nº	Elemento	Valor Unitario	Descripción	Cantidad	Valor Total
1	Raspberry Pi 3B	\$ 40,00	Microcomputador	1	\$ 40,00
2	SD 10	\$ 18,00	Tarjeta de memoria	1	\$ 18,00
3	Photon Particle	\$ 19,70	Microprocesador	8	\$ 157,60
4	Acelerómetro IMU Shield	\$ 25,95	Sensor	8	\$ 207,60
5	Temt 6000	\$ 4,25	Sensor	2	\$ 8,50
6	DHT 22	\$ 15,00	Sensor	2	\$ 30,00
7	KY - 036	\$ 7,95	Sensor	2	\$ 15,90
8	Batería 1200 mA	\$ 14,00	Batería	8	\$ 112,00
9	Shiping	-		-	\$ 129,75
10	DHL	-		-	\$ 35,00
11	Varios	-		-	\$ 70,00
12	Unity	-	Software videojuegos	-	-
13	Plotly	-	Plataforma	21 Api Keys	-
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					<u>\$ 824,35</u>

1	Almuerzo	67	Alimentación	2,00	\$ 134,00
2	Aguas	9	Alimentación	0,50	\$ 4,50
3	Impresiones a blanco y negro	200	Unidades	0,03	\$ 6,00
4	Impresiones a color	100	Unidades	0,05	\$ 5,00
5	Copias	50	Unidades	0,04	\$2,00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					<u>\$ 151,50</u>

Fuente: [3]

6.2. Análisis de impactos

El traje monitreador inalámbrico de condiciones laborales, ambientales y ergonómicas sirve para simular y emular a través de plataformas y programas virtuales y de manera inalámbrica las condiciones ergonómicas y ambientales del trabajador en su puesto laboral. Tiene un impacto práctico que permite hacer realidad el monitoreo de variables laborales de una manera rápida y desde cualquier parte de la industria inalámbricamente, sin esta propuesta tecnológica no sería posible simular y emular en tiempo real las posturas de trabajo y las condiciones ambientales del propio trabajador.

El traje inalámbrico se convierte en un símbolo del avance tecnológico tanto en la industrial 4.0 y la Seguridad e Higiene Industrial connotando el avance tecnológico en la seguridad industrial de tal manera que ayude a identificar los diferentes riesgos laborales presentes en un entorno de trabajo.

Su funcionamiento se realiza gracias a la transferencia de datos IoT. Su software y hardware open source, deja obsoleto los procedimientos tradicionales de monitoreo de variables laborales, ayudando a disminuir los tiempos y costos en la determinación de riesgos profesionales dentro de un entorno laboral, recuperando presencia de la innovación de productos en la ropa de trabajo uniendo fronteras entre: una prenda de vestir y la simulación de actividades laborales de manera virtual.

La necesidad del trabajo digno de los empleados ha sido parada por la burocracia, anarquía y nepotismo dentro de muchas industrias por tal razón la seguridad industrial se la cumple por leyes gubernamentales que al final, si no las son acatadas, provoca multas excesivas en los empleadores. Frente a este hecho esta propuesta tecnológica es cómoda para ser implementada en un entorno laboral, ya que al empleador le conviene gastar lo mínimo en seguridad industrial.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sensor de iluminación está más que adecuado para poder captar señales de iluminación dentro de un entorno laboral teniendo un rango máximo de 1000 lux y estando bajo los parámetros de umbral máximo según el decreto ejecutivo 2393.

El sensor de humedad y temperatura, DHT – 22, tiene un rango de medida de -40°C a 125 °C, que está dentro de los niveles de temperatura, mínimo y máximo de medida según el decreto ejecutivo 2393, mientras que la variable humedad que censa el mismo elemento va de 0 % - 100 % quedando óptimo para determinar variables respecto a humedad.

Lastimosamente el sensor de sonido KY- 036 no es óptimo a captar variables de ruido ya que tiene un rango de medida de 48 – 50 decibelios, y el decreto ejecutivo 2393 tiene niveles de identificación de riesgos mínimo de 85 decibelios a 115 decibelios.

Los acelerómetros incrustados en el traje son excelentes componentes electrónicos que permiten obtener una visualización inalámbrica de la interface virtual de un humanoide, que emula los movimientos del trabajador pudiendo monitorear e identificar los riesgos ergonómicos presentes en un entorno de trabajo.

Es afirmativo que el monitoreo de variables ambientales y ergonómicas de la propuesta tecnológica llamada “Traje Monitoreador Inalámbrico de Condiciones Laborales, Ambientales y Ergonómicas”, lo hace de manera mucho más rápida a la convencional con una demora máxima de 15 min. Teniendo la convencional una demora de 8 horas como mínimo.

La propuesta tecnológica tiene un valor inferior a las demás propuestas existentes en el mercado teniendo la misma, un valor aproximado de \$ 824,35, siendo la más económica del mercado y es importante mencionar que la misma solo se paga por primera y única vez teniendo que pagar nada más que el mantenimiento del sistema.

El traje estuvo apto para determinar riesgos ambientales y ergonómicos a través de la utilización de transferencia de datos IoT de manera inalámbrica.

El desarrollo del traje está realizado con material tipo tela donde se encuentran los diferentes, sensores y captadores ubicados en sitios estratégicos, que funcionan a través de los, microprocesadores Raspberry Pi y Pothon de Particle con las páginas de enlace de conexión Plotly y la plataforma de videojuegos Unity.

Construir un sensor de ruido que este en las condiciones de poder captar las variables del ruido que tiene el decreto ejecutivo como mínimo 85 d.B y máximo 115 d.B.

Implementar el traje monitoreador inalámbrico en un entorno de trabajo de la industria para identificar riesgos laborales ambientales y ergonómicos a través de la matriz de identificación de riesgos GTC – 50.

Diseñar un sistema automático de datos donde se identifique los diferentes riesgos teniendo en cuenta la metodología de la matriz GTC – 50.

Certificar los componentes electrónicos de captación de variables ambientales y ergonómicas para que su funcionamiento y aplicación tenga valides en cualquier industria del Ecuador.

Implementar en el traje un sistema de mantenimiento que permita un funcionamiento extenso en función de la vida útil de sus componentes.

Generar una página web similar a la filosofía de Ergowork para que se obtengan datos reales de la situación laboral del Ecuador y se obtenga y analice una mejora continua dentro de la calidad laboral de los ecuatorianos.

Incrustar un sensor de GPS que permita graficar los puestos de trabajo en función de la arquitectura de la planta industrial.

8. REFERENCIAS

- [1] P. Hernández Albrecht, ““Principales brechas de la Ergonomía en América Latina: a quince años del siglo XXI. (Spanish),”” P. Hernández Albrecht, “Principales brechas de la Ergonomía en América Latina: a quince años del siglo XXI. (Spanish),” *Major Ergon. Gaps Lat. Am. 15 Years 21st Century.*, vol. 14, pp. 5–10, 2016., 2016. .
- [2] C. R. Mejia, M. M. Cárdenas, and R. Gomero-Cuadra, “Notificación de accidentes y enfermedades laborales al Ministerio de Trabajo. Perú 2010-2014,” *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica*, vol. 32, no. 3, p. 526, 2015.
- [3] P. Hernández Albrecht, “Principales brechas de la Ergonomía en América Latina: a quince años del siglo XXI. (Spanish),” *Major Ergon. Gaps Lat. Am. 15 Years 21st Century.*, vol. 14, pp. 5–10, 2016.
- [4] J. O. Gomes, “El papel de la ergonomía en el cambio de las condiciones de trabajo: perspectivas en América Latina The Role of Ergonomics in Changing Working Conditions: Perspectives in Latin America,” *Rev. Cienc. Salud*, vol. 12, no. 5, pp. 5–8, 2014.
- [5] A. A. Becerra, “Los Estudios Antropométricos Y La Evaluación Y Diseño De Puestos De Trabajo . the Studies ...,” no. January 2017, 2014.
- [6] IEA, “¿Qué es la ergonomía?,” *Definition and Domains of Ergonomics*, 2019. [Online]. Available: <https://www.iea.cc/whats/#>.
- [7] L. M. Buelvas, O. Oviedo trespalacios, and C. Luna Amaya, “Condiciones de trabajo que impactan en la vida laboral Working conditions impacting quality of work life,” *Salud Uninorte*, vol. 29, no. 3, pp. 542–560, 2013.
- [8] Z. García, G. Bozal, and P. G. Márquez, “Redalyc.IMPULSIVIDAD Y BÚSQUEDA DE SENSACIONES: IMPLICACIONES DE INTERVENCIÓN EN JÓVENES,” 2017.
- [9] M. M. Ríos, E. Medina Chacón, A. C. Fernández, and O. Guillén, “Termografía Infrarroja Y El Estudio De Riesgos De Lesiones Músculo Esqueléticas Infrared Thermography and the Study of Risks of Muscular-Skeletal Injuries,” *Ing. Ind.*, vol. 10, pp. 55–67, 2011.
- [10] R. Nariño Lescay, A. Alonso Becerra, and A. Hernández González, “Comparative

- analysis of technologies for the capture of anthropometric dimensions,” *Rev. Univ. EIA*, vol. 13, no. 1794–1237, pp. 47–59, 2016.
- [11] M. Sánchez, “Escuela Superior Tepeji del Río,” *Esc. Super. Tepeji del Río*, vol. 1, p. 16, 2011.
- [12] B. Järvholm, M. Albin, G. Johansson, and E. Wadensjö, “Perspectives of working life research,” *Scand. J. Work. Environ. Heal.*, vol. 35, no. 5, pp. 394–396, 2009.
- [13] Organización Internacional del Trabajo, “Estrategia global en materia de Seguridad y Salud en el trabajo,” *Conclusiones Adopt. por la Conf. Int. del Trab. en su 91a. Reun.* 2003, pp. 1–22, 2003.
- [14] I. E. de S. S. IESS, “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores del Medio Ambiente de Trabajo 2393,” pp. 1–92, 1986.
- [15] Union General de Trabajadores, “Prevencion de riesgos laborales. Condiciones de trabajo,” *Union Gen. Trab.*, vol., no., pp. 1–21, 2010.
- [16] M. Gutiérrez Henríquez, “Ergonomía E Investigación En El Sector Salud,” *Cienc. y enfermería*, vol. 20, no. 3, pp. 7–10, 2014.
- [17] I. Olman and S. Arroyo, “Ministerio de Agricultura y Ganadería Gestión Institucional De Recursos Humanos Gestión De Salud,” 2014.
- [18] G. L. Laureano, A. Regina, and D. A. Dutra, “medicamentos The ergonomic study of the shipping of a drug distribu Θ on company Estudio ergonómico del embarque de una empresa distribuidora de la medicina,” pp. 159–168, 2017.
- [19] C. Acusticos, E. N. El, and D. D. E. Centros, “Fundamentos Del Ruido Y Su Caracterización,” pp. 1–49.
- [20] U. D. E. Investigación and T. Y. Graduación, “No Title,” 2018.
- [21] Ministerio de Empleo y Seguridad Social and Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Trabajar con calor,” no. Ministerio de Empleo y Seguridad Social, p. 6, 2009.
- [22] E. Monroy Martí and P. Luna Mendaza, “Estrés térmico y sobrecarga térmica : evaluación de los riesgos (I),” *Notas Técnicas de Prevención-NTP*, vol. 922, no. I, pp. 1–6, 2011.

- [24] D. Pérez, “Métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo Módulo 4,” *Herramientas Prev. riesgos laborales para pymes*, vol. 003–2015, p. 77, 2015.
- [25] A. I. Sánchez Iglesias et al., “Ergonomía y discapacidad: Ergowork una alianza estratégica para la innovación,” *Int. J. Dev. Educ. Psychol. Rev. INFAD Psicol.*, vol. 1, pp. 211–220, 2014.
- [26] L. Rose, Karen; Eldridge, Scott; Chapin, “La internet de las cosas — Una breve reseña,” *Internet Soc.*, pp. 63–112, 2015.
- [27] JORDI SALAZAR Y SANTIAGO SILVESTRE, “Internet de las cosas,” *Univ. Católica*, pp. 1–27, 2014.
- [28] D. Evans, “The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything,” 2011.
- [29] “Internet of things (IoT) en la transformación digital de las empresas 2015,” *Íncipy*, p. 35, 2015.
- [30] S. Trilles, A. González-Pérez, and J. Huerta, “A Comprehensive IoT Node Proposal Using Open Hardware. A Smart Farming Use Case to Monitor Vineyards,” *Electronics*, vol. 7, no. 12, p. 419, 2018.
- [31] Future Trends Forum, “El Internet de las Cosas Bankinter,” p. 77, 2011.
- [32] L. Gonz, M. Ruben, D. Hern, and J. Dur, *Raspberry PI 3 y pcDUINO Raspberry PI 3*.
- [33] A. Cerna, “Presentado por,” pp. 9–105, 2016.
- [34] I. Bialynicki-Birula, “Photon as a quantum particle,” *Acta Phys. Pol. B*, vol. 37, no. 3, pp. 935–946, 2006.
- [35] A. R. M. Cortex and C. Wi-fi, “Photon Wi-Fi connected Internet of Things development kit with a small footprint, powered by a STM32 ARM Cortex M3 microcontroller and Cypress Wi-Fi radio.”
- [36] O. Vermersan and P. Friess, *IoT-From Research and Innovation to Market Deployment*, vol. 6, no. 1. 2014.
- [37] T. Fin De Grado, J. Luis, M. Capellino, T. : Jordi, and J. Linares Pellicer, “Desarrollo de videojuego 3D con Unity,” 2016.
- [38] T. Liu, “Digital humidity and temperature sensor RHT03.doc,” pp. 1–6, 2011.

- [39] E. Fifo and T. Lsm, “LSM9DS0 iNEMO inertial module :,” no. August, pp. 1–74, 2013.
- [40] A. L. Sensor, “TEMT6000,” no. 81579, pp. 1–5.
- [42] I. E. de S. S. IESS, “Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo,” p. 94, 1986.
- [43] F. Tolosa Cabaní and F. J. Badenes Vicente, “Ruido y Salud Laboral,” EMC - Kinesiterapia – Med. física, vol. 28, no. 3, pp. 1–16, 2008.
- [44] S. En and L. Refrigerante, “No Title,” 1997.
- [45] D. Gerardo, A. Morales, J. Efraín, and L. Villa, “Darwin Gerardo Álvarez Morales Jorge Efraín Loja Villa,” 2015.
- [46] Componentesyaccesorios, “FOTORRESISTENCIALDR4,3mmxØ5,1mm,” p. 432.
- [47] A. L. Sensor, “TEMT6000 Ambient Light Sensor,” no. 81579, pp. 1–6.
- [48] Microchip, “MCP3004/MCP3008 datasheet,” pp. 1–40, 2008.

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos: JUAN CARLOS CHICAIZA YASACA
Dirección: ALOASI BARRIO EL TAMBO N° 1
Localidad: MACHACHI
Teléfono: 0959152552
Email: chicaiza_1993@hotmail.com
Estado Civil: SÓLTERO

FORMACION Y ESTUDIOS

Institución formadora: ITS VIDA NUEVA
Titulación: TÉCNICO AUTOMOTRIZ

Fecha: 2019
Institución formadora: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Titulación: INGENIERO INDUSTRIAL

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Fecha: 2019
Empresa: ADELCA C.A.
Puesto/Actividad desarrollada: AUXILIAR DE MANTENIMIENTO

DATOS COMPLEMENTARIOS

Idiomas: SUFICIENCIA INGLES
Conocimientos informáticos: AVANZADO
Carnet de conducir: TIPO B

DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos: ÀNGEL GUILLERMO HIDALGO OÑATE

Localidad: LATACUNGA, COTOPAXI

Teléfono: 0998536700

Email: angel.hidalgo@utc.edu.ec

Estado Civil: SOLTERO

FORMACION Y ESTUDIOS

Institución formadora: ESCUELA POLITÈCNICA NACIONAL

Titulación: INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL

Fecha: 2013

Institución formadora: UNIVERSIDAD DE NOTTINGHAM DEL REINO UNIDO

Titulación: MASTER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

Fecha: 2016

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Empresa: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Puesto/Actividad desarrollada: DOCENTE A TIEMPO COMPLETO EN LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DATOS COMPLEMENTARIOS

SUS AREAS DE INTERES SON LOS SISTEMAS MICROPROCESADOS Y LOS CONVERSORES ESTATICOS DE ENERGIA.