

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA ERGONÓMICO PARA MEJORAR
LAS CONDICIONES ERGONÓMICAS DE LOS LABORATORIOS
DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE LA REGIÓN
LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR
MARCO ROBERTO YONG BARTOLINI**

**ASESOR
MARTHA ELINA TESÉN ARROYO
<https://orcid.org/0000-0002-4366-8516>**

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE UN SISTEMA ERGONÓMICO PARA
MEJORAR LAS CONDICIONES ERGONÓMICAS DE LOS
LABORATORIOS DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE
LA REGIÓN LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:
MARCO ROBERTO YONG BARTOLINI

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Joselito Sánchez Pérez
PRESIDENTE

Evans Nielander Llontop Salcedo
SECRETARIO

Martha Elina Tesén Arroyo
VOCAL

DEDICATORIA

Dedicada a mi familia en especial a mis padres y hermanos por brindarme el apoyo constante para poder realizarme como persona, a mis amigos que me han apoyado desde siempre y a todos mis profesores en mi etapa universitaria ya que gracias a las enseñanzas brindadas en clase he aprendido diferentes herramientas aplicadas para la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres y hermanos que me dieron fuerzas para seguir adelante.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por permitirme haber desarrollado mi proyecto de investigación en sus instalaciones.

A la ingeniera Vanessa por ayudarme desde proyecto de tesis con sus conocimientos para realizar una buena investigación.

A mi asesora la ingeniera Martha por apoyarme en esta última etapa de titulación.

A mis amigos por brindarme su apoyo y cariño en toda la duración de este proyecto.

RESUMEN

Este proyecto se basa en proponer un sistema ergonómico para poder mejorar las condiciones ergonómicas de los laboratorios de una universidad del departamento de Lambayeque, la cual mediante la medición de diferentes variables como iluminación, ruido y riesgos ergonómicos se realizará el diseño de este sistema. Para el confort lumínico se tuvo una eficiencia del 0% y para el confort acústico una eficiencia del 0% y los riesgos ergonómicos mediante la metodología REBA dio una puntuación de 9 con un nivel alto de riesgo lo cual es ocasionado por el mobiliario y su mala distribución. Como resultados de la propuesta en el confort lumínico se mejoró la eficiencia en un 100%, para el confort acústico de la misma manera se mejoró la eficiencia en un 100% y para los riesgos ergonómicos se cambió el mobiliario y su distribución evaluando nuevamente mediante REBA y teniendo una nueva puntuación de 3 con un nivel de riesgo bajo. Esta implementación evitaría pagar a la universidad una multa de S/. 5 600 000 ahorrando por cada unidad de inversión S/. 59,30 siendo sumamente rentable para la universidad.

PALABRAS CLAVE: Ergonomía, Ergonomía ambiental, confort lumínico, confort acústico, metodología REBA

ABSTRACT

This project is based on proposing an ergonomic system to improve the ergonomic conditions of the laboratories of a university in the department of Lambayeque, which by measuring different variables such as lighting, noise and ergonomic risks, the design of this system will be carried out. 0% efficiency was achieved for light comfort and 0% efficiency for acoustic comfort and ergonomic risks using the REBA methodology gave a score of 9 with a high level of risk which is caused by the furniture and its poor distribution. As a result of the proposal in light comfort efficiency was improved by 100%, for acoustic comfort in the same way efficiency was improved by 100% and for ergonomic risks the furniture and its distribution were changed by re-evaluating by REBA and having a new score of 3 with a low level of risk. This implementation would avoid paying the university a fine of S / . 5 600 000 saving for each investment unit S / . 59,30 being extremely profitable for the university.

KEYWORDS: Ergonomics, environmental ergonomics, light comfort, acoustic comfort, REBA methodology

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	11
II.	MARCO TEÓRICO	14
	2.1 Antecedentes.....	14
	2.2 Bases Teórico Científicas	18
	2.2.1 Sistema ergonómico	18
	2.2.2 Ergonomía	19
	2.2.3 Tipos y aplicaciones de la Ergonomía.....	19
	2.2.4 Parámetros de confort.....	21
	2.2.5 Antropometría.....	23
	2.2.6 Métodos de evaluación ergonómica	24
III.	RESULTADOS	26
	3.1 Objetivo 1: Diagnóstico.....	26
	3.1.1 Unidad	26
	3.1.2 Laboratorios.....	26
	3.1.3 Condiciones ergonómicas.....	27
	3.1.4 Diseño estructural y equipamiento	51
	3.2 Objetivo 2: Diseño del sistema.....	60
	3.2.1 Diseño del sistema de luminarias en el laboratorio	60
	3.2.2 Diseño del sistema acústico	69
	3.2.3 Diseño para mejorar posturas ergonómicas.....	82
	3.3 Objetivo 3: Costo beneficio de la propuesta.....	99
	3.4 Evaluación del impacto de la propuesta	106
IV.	CONCLUSIONES.....	108
V.	RECOMENDACIONES	109
VI.	LISTA DE REFERENCIAS.....	110
VII.	ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre los elementos de un sistema ergonómico	18
Tabla 2. Criterios de aplicación de la ergonomía	20
Tabla 3. Nivel de iluminación requerida en edificaciones educativas	21
Tabla 4. Nivel de ruido aceptable en los ambientes educativos	23
Tabla 5. Métodos de evaluación ergonómica	24
Tabla 6. Características del sonómetro	28
Tabla 7. Muestra para las mediciones de nivel de ruido para los laboratorios del primer piso del Edificio Antiguo	30
Tabla 8. Resultado de las mediciones del nivel de ruido	31
Tabla 9. Resultados de las mediciones de nivel de ruido	31
Tabla 10. Conteo de datos con respecto a la Norma Técnica de Infraestructura Educativa	32
Tabla 11. Características del luxómetro	33
Tabla 12. Muestra para las mediciones de nivel de iluminación para los laboratorios del primer piso del Edificio Antiguo	35
Tabla 13. Resultados de las mediciones de nivel de luminosidad	36
Tabla 14. Resultados de las mediciones de nivel de iluminación	37
Tabla 15. Conteo de datos respecto al Reglamento Nacional de Edificaciones	38
Tabla 16. Matriz de confrontación de las metodologías de evaluación ergonómica	39
Tabla 17. Puntuación REBA: cuello	41
Tabla 18. Puntuación REBA: piernas	42
Tabla 19. Puntuación REBA: tronco	43
Tabla 20. Puntuación REBA: Grupo A	44
Tabla 21. Puntuación REBA: cargas o fuerzas	44
Tabla 22. Puntuación final grupo A	45
Tabla 23. Puntuación REBA: antebrazo	46
Tabla 24. Puntuación REBA: muñecas	46
Tabla 25. Puntuación REBA: brazos	47
Tabla 26. Puntuación REBA: Correlación Grupo B	48
Tabla 27. Puntuación REBA: agarre	48
Tabla 28. Puntuación final grupo B	49
Tabla 29. Puntuación REBA: Correlación Grupo C	49
Tabla 30. Puntuación REBA: tipo de actividad	50
Tabla 31. Puntuación final grupo C	50
Tabla 32. Resultados de la metodología REBA	50
Tabla 33. Dimensiones de las sillas de los laboratorios	51
Tabla 34. Dimensiones de las mesas en los laboratorios	52
Tabla 35. Estudiantes encuestados sobre el confort en los laboratorios	54
Tabla 36. Indicadores actuales	59
Tabla 37. Dimensiones del laboratorio	60
Tabla 38. Elección de lámpara y luminaria	62
Tabla 39. Coeficientes de reflexión	64
Tabla 40. Factor de utilización luminarias	66
Tabla 41. Valores de Factor de Mantenimiento	67
Tabla 42. Resumen de los cálculos de NPS	76
Tabla 43. Criterios para selección de aislante sonoro	80
Tabla 44. Dimensiones de las sillas propuestas para los laboratorios	84
Tabla 45. Especificaciones óptimas de las mesas	85
Tabla 46. Dimensiones de las mesas propuestas para los laboratorios	85

Tabla 47. Puntuación REBA: cuello	88
Tabla 48. Puntuación REBA: piernas	89
Tabla 49. Puntuación REBA: tronco	90
Tabla 50. Puntuación REBA: Correlación grupo A	90
Tabla 51. Puntuación REBA: cargas	91
Tabla 52. Puntuación final grupo A	91
Tabla 53. Puntuación REBA: antebrazo	92
Tabla 54. Puntuación REBA: muñecas	93
Tabla 55. Puntuación REBA: brazo	94
Tabla 56. Puntuación REBA: Correlación grupo B	95
Tabla 57. Puntuación REBA: agarre	95
Tabla 58. Puntuación final grupo B	96
Tabla 59. Puntuación REBA: Correlación grupo C	96
Tabla 60. Puntuación REBA: tipo de actividad	97
Tabla 61. Puntuación final grupo C	97
Tabla 62. Resultados de la metodología REBA	97
Tabla 63. Comparación de indicadores actuales con los indicadores propuestos	98
Tabla 64. Sillas escogidas para la propuesta	99
Tabla 65. Presupuesto para la compra de sillas	100
Tabla 66. Proveedores de mesas requeridas para el sistema	100
Tabla 67. Presupuesto para la compra de mesas	101
Tabla 68. Presupuesto para la compra de luminarias y lámparas para los laboratorios	102
Tabla 69. Presupuesto para la compra de ventanas con doble acristalamiento	103
Tabla 70. Costo total de la propuesta del sistema ergonómico para los laboratorios	103
Tabla 71. Sanciones por incumplimiento de condiciones básicas en los laboratorios	105
Tabla 72. Análisis costo - beneficio del proyecto	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sonómetro SL-5868P	28
Figura 2. Bosquejo del laboratorio de las posiciones para realizar la medición del nivel de ruido	29
Figura 3. Luxómetro EXTECH LT300	33
Figura 4. Bosquejo del laboratorio de las posiciones para realizar la medición del nivel de iluminación	34
Figura 5. Posturas del estudiante en los laboratorios.....	39
Figura 6. Posturas del estudiante en los laboratorios.....	40
Figura 7. Medición ángulos: cuello	41
Figura 8. Medición ángulos: piernas	42
Figura 9. Medición ángulos: tronco.....	43
Figura 10. Medición ángulos: antebrazo	45
Figura 11. Medición ángulos: muñecas	46
Figura 12. Medición ángulos: brazos	47
Figura 13. Silla de los laboratorios de cómputo	52
Figura 14. Mesa de los laboratorios de cómputo.....	53
Figura 15. Mesa de los laboratorios de cómputo.....	53
Figura 16. Fuentes de ruido percibidas durante la sesión de clase	54
Figura 17. Molestia del ruido durante la sesión de clase.....	55
Figura 18. Dificultad de concentración por el ruido durante la sesión de clase	55
Figura 19. Nivel de iluminación en el laboratorio de cómputo	56
Figura 20. Regulación de los niveles de iluminación en el laboratorio de cómputo	57
Figura 21. Discomfort durante la sesión de clases	57
Figura 22. Interferencia del discomfort durante la sesión de clase.....	58
Figura 23. Frecuencia de discomfort	58
Figura 24. Partes donde experimentan discomfort	59
Figura 25. Luminaria OFFISIMPLE 219 LED.	62
Figura 26. Lámpara Master LEDtube.....	62
Figura 27. Estado actual del techo del laboratorio	64
Figura 28. Estado actual de la pared del laboratorio	65
Figura 29. Estado actual del piso del laboratorio	65
Figura 30. Estado actual de la luminaria del laboratorio.....	67
Figura 31. Sistema de doble ventana	77
Figura 32. Sistema de doble acristalamiento	77
Figura 33. Diseño de las ventanas del pasillo con doble acristalamiento.....	78
Figura 34. Diseño de las ventanas posteriores con doble acristalamiento.....	79
Figura 35. Recomendaciones mínimas dimensionales para una silla ergonómica.....	84
Figura 36. Render del puesto de trabajo del laboratorio.....	86
Figura 37. Nueva postura del cuello adoptada con la propuesta	87
Figura 38. Nueva postura de las piernas adoptada con la propuesta	88
Figura 39. Nueva postura del tronco adoptada con la propuesta.....	89
Figura 40. Nueva postura del antebrazo adoptada con la propuesta	92
Figura 41. Nueva postura de las muñecas adoptada con la propuesta.....	93
Figura 42. Nueva postura del brazo adoptada con la propuesta	94

I. INTRODUCCIÓN

Según Hernández [1] diferentes organizaciones tanto públicas como privadas vienen realizando esfuerzos para el fin de mejorar su operatividad en sus sistemas de información, para esto incorporan modernos equipos de cómputo o actualizan los existentes, sin embargo, la mayoría de empresas pasan por alto una parte importante que es la importancia de un ambiente ergonómico en el trabajo.

Últimamente ha aumentado el número de jóvenes con diferentes dolores en distintas partes del cuerpo como muñecas, cuello, espalda o molestias en los ojos. Esto es causado por distintas condiciones tanto físicas o ambientales como sobrecargas en distintas partes del cuerpo, estrés repetitivo, malas posturas, mala iluminación, etc. Es por ello que, con un diseño ergonómico en las aulas informáticas, se podrá generar un mayor rendimiento intelectual, reduciendo la fatiga y un ambiente comfortable. [2]

Actualmente son pocos los casos en donde se cumplen estas condiciones ergonómicas en los centros de trabajo o educativos, ya sea en cuestión de antropometría como de condiciones ambientales.

Según Mondelo [3] la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano es la antropometría, esta toma como referencia las diferentes estructuras anatómicas, sirviendo a la ergonomía como herramienta para adaptar el entorno a los seres humanos. En la antropometría se diferencian dos, la antropometría estática la cual mide sin movimiento y en diferentes posiciones las diferencias estructurales del cuerpo humano y también está la antropometría dinámica que considera las posiciones resultantes del movimiento.

En el Perú los parámetros de iluminación en interiores están determinados en el Reglamento Nacional de Edificaciones elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, indicando en la norma EM. 010 en donde las instalaciones eléctricas interiores están tipificadas en el Código Nacional de Electricidad. [4] En esta norma se muestran las condiciones mínimas en luxes de distintos ambientes en los centros de enseñanza, teniendo que los laboratorios deben tener una iluminación mínima de 500 lux.

Otro parámetro a considerar en un diseño de ambientes de trabajo es el confort acústico, un diseño inadecuado puede reducir el rendimiento mental, disminuir la productividad, incrementar la tasa de errores, producir dolor de cabeza, disminuir la capacidad de trabajo físico, causar sordera temporal y alterar la audición. Los niveles de ruido pueden provocar en el hombre desde ligeras molestias hasta enfermedades graves. Entre 30 y 60 dB se produce irritabilidad, pérdida de interés y de atención; entre 60 y 90 dB se produce un incremento de la tensión arterial, aceleración del ritmo cardíaco, aparición de fatiga y estrechamiento del campo visual; a los 120 dB se llega al límite de dolor y en los 160 dB se produce una rotura del tímpano, parálisis y hasta la muerte. [3]

Según la Norma Técnica de Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación. [5] muestra los estándares adecuados de ruido con los que se deben realizar las actividades en ciertos lugares, indicando en los laboratorios de cómputo un nivel de ruido máximo permitido de 45 decibeles.

Otro parámetro que se debe considerar dentro del diseño de un sistema ergonómico es la antropometría, Según Mondelo [3] es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, esta toma como referencia las diferentes estructuras anatómicas, sirviendo a la ergonomía como herramienta para adaptar el entorno a los seres humanos. En la antropometría se diferencian dos, la antropometría estática la cual mide sin movimiento y en diferentes posiciones las diferencias estructurales del cuerpo humano y también está la antropometría dinámica que considera las posiciones resultantes del movimiento.

Las técnicas utilizadas para un análisis postural tienen dos características, la sensibilidad y la generalidad según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [6]. Existen diferentes métodos para realizar un análisis de posturas y calificar si es de bajo o alto riesgo, uno de ellos es el método REBA (Rapid Entire Body Assessment), es un sistema de análisis que observa la interacción persona-carga, también incorpora un nuevo concepto llamado “gravedad asistida” que consiste en suponer la propia gravedad para mantener la postura del brazo.

Para verificar la existencia de este problema en los laboratorios, se realizaron diferentes mediciones de iluminación, ruido y medidas antropométricas, utilizando los siguientes

instrumentos para las mediciones: luxómetro, sonómetro y hoja de calificación con respecto a la metodología REBA.

En los laboratorios los alumnos están siendo sometidos a malas condiciones ergonómicas tanto ambientales como antropométricas. Lo que se busca en la universidad es una propuesta de diseño de un sistema ergonómico que mejore las condiciones ergonómicas de los laboratorios del primer piso, garantizando un ambiente con las condiciones de trabajo adecuadas. Frente a lo descrito anteriormente surge la pregunta ¿En qué medida la propuesta de un sistema ergonómico mejorará las condiciones ergonómicas de los laboratorios de una universidad privada de la región Lambayeque?

Para resolver esta pregunta se plantea: Realizar un diagnóstico de la situación actual de las condiciones ergonómicas en los laboratorios de la universidad, Diseñar el sistema ergonómico bajo los estándares adecuados de la ergonomía para los laboratorios del primer piso del edificio antiguo, Realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta.

Hacer esta investigación es de suma importancia debido a que permitirá a la universidad establecer una relación entre la persona y las diferentes condiciones ergonómicas ya sea por diferentes factores ambientales o por un riesgo ocasionado por malas posturas durante la realización del trabajo, llegando a prevenir diversas enfermedades ocasionadas por un inadecuado ambiente de trabajo y a su vez consiguiendo la máxima satisfacción de los estudiantes y los docentes. Por ello es que se debe tener en consideración cuidar las condiciones ergonómicas para garantizar el mayor confort posible.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

M. Párraga (2014) [7], en su investigación “Diseño ergonómico de aulas universitarias que permitan optimizar el confort y reducir la fatiga de estudiantes y docentes”, se basó en realizar un diseño ergonómico de las aulas universitarias para que docentes y estudiantes puedan tener comodidad al momento de las sesiones de clase, reduciendo su fatiga así como también identificar qué aspectos ergonómicos influyen en la incomodidad de los docentes y estudiantes, conociendo las medidas antropométricas para saber si guardan relación con el mobiliario de estudios. Esta investigación se realiza con la finalidad de brindar condiciones de trabajo favorables mejorando así la enseñanza, aprendizaje y calidad de vida. El tipo de investigación es experimental, y también se aplica la descriptiva y explicativa. Para esto se identificaron las causas que generan incomodidad y fatiga mediante encuestas aplicadas a estudiantes y docentes, luego se considera cuál de estas causas son las más relevantes para considerarlas en el diseño del aula, aparte de eso también se toma información sobre las medidas antropométricas de estudiantes y docentes relacionándolas con las medidas del mobiliario para saber si son las adecuadas. Los resultados de la investigación muestran que, para los docentes, las variables representan más del 50% de incomodidad y mientras que para los estudiantes el 90% no se siente incómodo tanto con las posturas ni con las condiciones ambientales pero su incomodidad principal es con respecto a la carpeta es su dureza y su respaldar. A su vez tanto docentes como estudiantes indican fatiga al final del día obteniendo un 41 y 36 % respectivamente. En base a esto se realizó el diseño ergonómico de las aulas comenzando por el diseño del mobiliario con las medidas adecuadas para que no haya incomodidad y luego se realizó el diseño con las condiciones adecuadas para un aula universitaria según diferentes normas establecidas.

V. Castro (2016) [8], en su investigación “Propuesta de un programa de seguridad y salud en el trabajo basado en el estudio de riesgos disergonómicos para mejorar la productividad económica de los docentes de la facultad de ingeniería de USAT”, se basó en proponer un programa de Seguridad y Salud en el Trabajo basado en el estudio de riesgos disergonómicos para mejorar la productividad económica de los docentes de la Facultad de Ingeniería de USAT. El tipo de investigación es aplicada. Para esto se utilizó la

aplicación de diferentes instrumentos como el cuestionario CORNELL que se aplicó a los docentes teniendo como resultados que el 50% de docentes durante su última semana de trabajo sienten molestia entre 1 y 2 veces, un 10,91% manifestó que sufre molestias en la parte del cuello, el grado de incomodidad que fue ligeramente incómodo fue de 67,5%, y que si las molestias interfirieron en sus labores el 72,5% respondió que interfiere ligeramente; otro instrumento fue el cuestionario de disfonía para la vigilancia de los factores de riesgo para trastornos de la voz el cual presentó que fue un caso con disfonía ya que se presentaron síntomas como picazón de la garganta, sequedad o resequedad, dolor de garganta, cansancio al hablar, sensación de falta de aire, voz entrecortada, etc. Y finalmente se aplicó el método REBA para analizar las posturas de los docentes en el trabajo teniendo como resultado de la evaluación una puntuación final de 12 con un nivel de acción de 4 lo cual significa que el nivel de riesgo es muy alto y se debe actuar inmediatamente. Como consecuencia de estos resultados se presentan recomendaciones y acciones dentro de la propuesta de un Programa de Seguridad y Salud en el trabajo, que deben tenerse en cuenta para mejorar la productividad económica de los docentes de la facultad de ingeniería.

L. Honores, M. Martínez, M. Navarrete y K. Ramírez (2014) [9], en su investigación “Evaluación ergonómica y de accesibilidad con enfoque kinésico de un establecimiento educacional de Enseñanza Media de la Comuna de la Serena”, se basó en realizar investigación que se presenta fue evidenciar y priorizar las posibles necesidades de accesibilidad y factores de riesgo ergonómicos físicos-ambientales dentro del establecimiento educacional, Para la realización de este estudio se dividió el establecimiento en tres pisos y cuatro alas (A, B, C y D). Para la selección de las salas se realizó un Muestreo Aleatorio Simple. Para la evaluación ergonómica se evaluaron 22 salas de un total de 67 y se utilizó una pauta para factores ergonómicos donde se presentaba las variables a evaluar según corresponda. Teniendo como resultados para los factores ergonómicos físicos comenzando con la variable sillas, más del 70% de éstas cumple con los criterios de alto y ancho del asiento; En cuanto a las mesas un 57,69% no cumple con el criterio de altura, lo cual genera un riesgo por postura mantenida, ya sea ésta en flexión o extensión del tronco. Los resultados de los factores ergonómicos ambientales el ambiente lumínico mostrando un 88,45% de cumplimiento. Este porcentaje es logrado gracias a la luz artificial, transformándose en un factor de fácil modificación. Por otro lado, en el ambiente acústico, las salas evaluadas con alumnas

fueron las que no cumplían el criterio, destacando que las mediciones corresponden a la normalidad de una clase en desarrollo, lo que no se escapa del criterio óptimo. Una posible solución con respecto a las condiciones ergonómicas físicas sería implementar las salas con el mobiliario más adecuado existente en el liceo, sin resultar esto un gasto extra para el establecimiento, convirtiéndose en una reforma viable con repercusiones beneficiosas para el alumnado. Al respecto se constata que los niveles de ruido en el establecimiento son bajos —la mayor parte de ellos es generada por las mismas alumnas— por lo que no se consideran un factor de riesgo ergonómico significativo; sin embargo, al ser éste un factor modificable, se sugiere educar a las alumnas para promover el silencio y bajar los niveles de ruido, ya que favorecería un ambiente educativo óptimo, facilitando la realización de las clases, lo cual beneficiaría tanto a estudiantes como a los profesores.

The Department of Systems Engineering and the National Institute of Science and Technology of Ulsan in South Korea (2014), in his research “Ergonomics and sustainable development in the past two decades (1992–2011): Research trends and how ergonomics can contribute to sustainable development” the need for sustainable development has been widely recognized and sustainable development has become a hot topic of various disciplines even though the role of ergonomics in it is seldom reported or considered. This study conducts a systematic survey of research publications in the fields of ergonomics and sustainable development over the past two decades (1992e2011), in order to identify their research trends and convergent areas where ergonomics can play an important role in sustainable development. The results show that ‘methods and techniques’, ‘human characteristics’, ‘work design and organization’, ‘health and safety’ and ‘workplace and equipment design’ are the top five frequently researched areas in ergonomics. Ergonomics has an opportunity to contribute its knowledge especially to ‘industrial and product design’, ‘architecture’, ‘health and safety’ and ‘HCI’ (especially for energy reduction issues) categories of sustainable development. Typical methodologies and general guidance on how to contribute the expertise of ergonomist to sustainable development are also discussed.

El Departamento de Ingeniería de Sistemas, Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Ulsan de Corea del Sur (2014) [10] en su investigación “**Ergonomía y Desarrollo Sostenible en las últimas dos décadas (1992 – 2011): Tendencias de investigación y cómo la ergonomía puede contribuir al desarrollo sostenible**”, la necesidad de

desarrollo sostenible ha sido ampliamente reconocida y el desarrollo sostenible se ha convertido en un tema candente en varias disciplinas, aunque el rol de la ergonomía en él rara vez se informa o se considera. Este estudio realiza una encuesta sistemática de publicaciones de investigación en los campos de la ergonomía y el desarrollo sostenible en las últimas dos décadas (1992e2011), con el fin de identificar las tendencias de investigación y las áreas convergentes donde la ergonomía puede desempeñar un papel importante en el desarrollo sostenible. Los resultados muestran que "métodos y técnicas", "características humanas", "diseño y organización del trabajo", "salud y seguridad" y "diseño del lugar de trabajo y del equipo" son las cinco áreas más frecuentemente investigadas en ergonomía. La ergonomía tiene la oportunidad de contribuir con su conocimiento, especialmente a las categorías de "desarrollo industrial y de diseño de productos", "arquitectura", "salud y seguridad" y "HCI" (especialmente para temas de reducción de energía) del desarrollo sostenible. También se discuten las metodologías típicas y la orientación general sobre cómo aportar la experiencia del ergónomo al desarrollo sostenible.

A. Piñeda y G. Montes (2014) [11] en su investigación “Ergonomía Ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos” la cual se basa en revisar referencias de aspectos como iluminación y confort térmico en trabajadores que hacen uso de pantallas de visualización de datos en oficinas. Las referencias utilizadas fueron normas de ISO, ICONTEC, normas del Ministerio de Trabajo de Colombia y también normas españolas. La investigación fue exploratoria, descriptiva y analítica. En el procedimiento se analizó cada documento a través de fichas con su respectiva información. El método para el estudio fue analítico porque se realizó el análisis documental y la sistematización de las referencias. Como resultado se obtuvo que la fatiga visual es más común que lesiones musculares generalmente un 50% de usuarios experimentan síntomas en la visión. Es por ello que se identificó la iluminación como principal causa que influye en el daño ocular, debido que la iluminación en las oficinas se encontraba entre 150 y 300 lux siendo los niveles recomendados 300 y 500 lux. Otras condiciones que deben ser vigiladas y monitoreadas son la temperatura y humedad sugiriendo trabajar con intervalos entre 19° C y 24° C con una humedad relativa entre 40% y 70%.

2.2 Bases Teórico Científicas

2.2.1 Sistema ergonómico

Se entiende por sistema a un conjunto de elementos en interacción que tienen un fin común. Es por ello que un sistema ergonómico según la Universidad Manuel Beltrán [12] es un sistema integral compuesto por dos subsistemas siendo estos el ser humano y el ambiente construido el cual es un conjunto de materiales hechos por el hombre; también se tiene otro componente siendo este los factores ambientales que condicionan el sistema. Todo este sistema está conformado por tres elementos básicos que son Hombre-Máquina-Ambiente los cuales tienen una relación directa con distintos niveles como son los de productividad, incidencia de riesgos y satisfacción a su vez también están determinados por factores de adecuado funcionamiento de cada elemento y su interacción entre ellos. Para que un sistema ergonómico funcione correctamente se debe observar de forma global y analizar la interacción entre sus elementos por la cual se desarrolla la siguiente tabla:

Tabla 1. Relación entre los elementos de un sistema ergonómico

	Máquina	Espacio físico	Ser humano
Objeto/Máquina	X	1	2
Espacio físico	3	X	4
Ser humano	5	6	X

Fuente: Sistema Ergonómico

- La relación de máquina en el espacio de trabajo se entiende como el lugar que ocupa una máquina ocasionando el aumento o disminución de temperatura, generación de ruidos, vibraciones, emitir humo, polvo, radiación, gases y vapores.
- La relación máquina – hombre se centra en la capacidad de comunicación entre el hombre y la máquina gracias a características específicas que esta posee, facilitando al hombre el control de funcionamiento.
- La relación del espacio físico con la máquina tiene que ver las características que posee un determinado ambiente como temperatura, humedad que condicionan la localización de las máquinas.

- La relación espacio físico con el ser humano tiene que ver con los niveles de iluminación, ruido, humedad del aire, temperatura, etc. Los cuales facilitan o entorpece el desempeño de la persona en su puesto de trabajo.
- La relación hombre - máquina siendo el hombre el principal elemento ya que de él depende el funcionamiento del sistema, la relación con la máquina se trata del adecuado funcionamiento y control de las máquinas.
- La relación hombre – espacio físico hace referencia a los cambios que la persona genera en un medio físico como aumento de temperatura, generación de ruidos, vibraciones, entre otros.

2.2.2 Ergonomía

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo define ergonomía como el estudio o medida del trabajo. Trabajo en este contexto significa una actividad humana con un propósito; estando por encima de un concepto más limitado del trabajo el cual es una actividad para obtener un ingreso económico incluyendo todas las actividades para perseguir un objetivo.

La persona es un ser adaptable, pero esta característica de adaptación no es infinita ya que existen intervalos de condiciones óptimas para cualquier actividad. Es por ello que la ergonomía tiene una labor la cual consiste en definir cuáles serían esos intervalos y descubrir que efectos se tendría si se superan esos intervalos.

2.2.3 Tipos y aplicaciones de la Ergonomía

Según Llanea [13] la evolución y aplicaciones de la ergonomía se pueden diferenciar en cuatro etapas:

- Ergonomía del hardware: se centra en el diseño físico de los artefactos, junto con una disposición de elementos para lograr una comunicación hombre y máquina
- Ergonomía ambiental: hace referencia a la obtención de información de los hombres para realizar actividades a diferentes condiciones ambientales ya sea en

entornos naturales o artificiales. Todo esto con el objetivo de diseñar ambientes que permitan al hombre maximizar su capacidad y minimizar sus limitaciones.

- Ergonomía del software: Busca incluir el estudio de los procesos cognitivos del hombre además de sus características físicas y perceptivas.
- Macroergonomía o Ergonomía de los sistemas: Tiene como objetivo lograr el funcionamiento de un sistema donde interactúen con las personas distintas variables como las ambientales, las tecnológicas y el diseño organizacional.

Tabla 2. Criterios de aplicación de la ergonomía

Criterios	
Prevención de Riesgos Laborales	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos ergonómicos y psicosociales. • Accidentes y seguridad. Factor humano. • Seguridad en máquinas. • Cultura preventiva y gestión de la prevención.
Diseño: usos múltiples y discapacidad	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones antropométricas y biomecánicas. • Diseños y accesos para discapacitados. • Adaptación de sistemas de trabajo.
Ergonomía cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de interfaces. Elaboración de guías de diseño del interfaz. • Usabilidad. Intervenciones y evaluación. Simulación. Desarrollo de simuladores y prototipos. • Diseño, selección y ubicación de los dispositivos de presentación de la información y controles. • Diseño de las salas de control y pupitres.
Ergonomía y ofimática	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y desarrollo del software. • Diseño de espacio de trabajo y mobiliario. • Diseño y disposición de las PDVs y de los periféricos. • Salud y seguridad en el trabajo con PDVs. • Síndrome del edificio enfermo.
Ergonomía ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones ambientales y efectos. • Ergoacústica. Ruido y señales acústicas, inteligibilidad. • Ambientes climáticos. Visibilidad e iluminación. • Vibraciones en el espacio de trabajo y en herramientas electromecánicas.

Fuente: Ergonomía y psicología aplicada: manual para la formación del especialista

2.2.4 Parámetros de confort

El confort según el Ministerio de Educación en su Norma Técnica de Infraestructura Educativa [14] son las características y condiciones que se necesita en un diseño y especificación de espacios, ya que da facilidad al usuario para realizar sus actividades y brinda la comodidad básica. Esto puede dividirse en diferentes factores como confort acústico, lumínico, térmico, seguridad y accesibilidad,

2.2.4.1 Confort lumínico

Es uno de los parámetros más importantes y que está relacionado con el bienestar. No se trata de sólo cumplir con una iluminación adecuada, sino de evitar efectos como el deslumbramiento y aprovechar la reflexión de la luz. Para ello es necesario saber el nivel lumínico para diferentes ambientes educativos estos serán presentados en la siguiente tabla según la Norma Técnica de Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación basándose en la norma EM 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 3. Nivel de iluminación requerida en edificaciones educativas

Principales Ambientes	Iluminancia Recomendada
Aulas	500
Taller de arte	500
Laboratorios	500
Talleres en general (según actividad pedagógica)	500
Gimnasio	500
Biblioteca (Lectura de libros y manuscritos a tinta)	350
Hemeroteca (Impresos a bajo contraste)	500
Salas de cómputo o similar	500
Ambientes administrativos y similares	300
Servicios sanitarios y Vestíbulos	150
Circulación y Pasillos	150

Fuente: Norma Técnica de Infraestructura Educativa

2.2.4.2 Confort sonoro

Son las condiciones que garantizan un acondicionamiento sonoro apropiado, adecuando acústicamente a los diferentes ambientes educativos, sin hacer uso de medios electrónicos de amplificación, para así evitar perturbaciones en el entorno inmediato, más aún cuando se trata de viviendas, identificando los ambientes más ruidosos como los patios de recreación o la sala de usos múltiples, reduciendo al máximo la transmisión de ruidos. Para lograr este confort se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: realizar un emplazamiento, protección y control de ruidos exteriores que afectan la calidad acústica (aislamiento), un adecuada zonificación de ambientes según las actividades que se realicen y una construcción de las edificaciones con materiales que favorezcan la legibilidad de la palabra, controlen los ruidos provenientes tanto del exterior como del interior producidos por las actividades (aislamiento y absorción). Por lo tanto, la Norma Técnica de Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación indica el nivel de ruido de fondo que deben tener los ambientes educativos

Tabla 4. Nivel de ruido aceptable en los ambientes educativos

Especificación	Ruido Producido	Ruido exterior aceptable	Límite máx. de ruido al interior (dB)
Sala de descanso Tópico, consejería	Bajo	Bajo	35
Comedor	Alto	Alto	45
Aulas, laboratorios de idiomas.	Promedio	Bajo	35
Sala de lectura (con menos de 50 estudiantes)	Promedio	Bajo	35
Sala de lectura (con más de 50 estudiantes)	Promedio	Muy Bajo	30
Zona de estanterías, ficheros, atención.	Promedio	Medio	40
Laboratorios de ciencias	Promedio	Medio	40
Talleres (dependerá del tipo)	Promedio	Medio	40
Hall de comunicación entre aulas, talleres, laboratorios	Promedio	Medio	45
Polideportivo y hall previos a zonas deportivas	Alto	Medio	40
Oficinas, sala de profesores	Promedio	Medio	40
Servicios Higiénicos (en general)	Promedio	Alto	50

Fuente: Norma Técnica de Infraestructura Educativa

2.2.5 Antropometría

El término antropometría viene de las palabras griegas anthropos (hombre) y metrikos (medida), trata sobre el estudio cuantitativo de las características físicas del hombre. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [15] en la actualidad para el ámbito laboral la antropometría es una disciplina fundamental, relacionando la seguridad con la ergonomía. Esto crea un entorno de trabajo adecuado organizando y diseñando los puestos de trabajo con los equipos necesarios para el desarrollo de una

actividad de manera que se puedan realizar todos los movimientos requeridos por la persona sin estar expuesta a posibles riesgos.

2.2.6 Métodos de evaluación ergonómica

De acuerdo con Ergonautas [16] hay diferentes métodos para realizar una evaluación ergonómica a continuación se presenta una tabla con los principales métodos de evaluación.

Tabla 5. Métodos de evaluación ergonómica

Método	Descripción
OCRA	OCRA se centra en la valoración de riesgos de los miembros superiores, mide el riesgo según el trabajo repetitivo.
JSI	JSI es un método de evaluación que permite medir la valoración en los trabajadores que desarrollan desórdenes acumulativos traumáticos causados por movimientos repetitivos.
RULA	El método RULA evalúa los factores de riesgo originados por una alta carga postural que ocasionan trastornos en los miembros superiores en los trabajadores.
OWAS	El método Owas permite la valoración de la carga física derivada de las posturas adoptadas durante el trabajo.
NIOSH	Con la Ecuación de Niosh es utilizado para evaluar actividades con levantamiento de carga. Siendo el resultado de la ecuación el Peso Máximo Recomendado para levantar.
LEST	El método LEST es utilizado para evaluar de forma global y objetiva las condiciones de trabajo, lo cual permite establecer un diagnóstico indicando que el puesto de trabajo es satisfactorio.

Fuente: Ergonautas

2.2.6.1 Metodología REBA

Es un método de análisis postural muy sensible ya que las tareas presentan cambios de posturas inesperados, debido a manipulación de cargas inestables o impredecibles. La metodología REBA permite prevenir lesiones con referencia a una postura, principalmente lesiones musculares, indicando las acciones correctivas para cada caso. La evaluación de posturas es de manera individual, por ello es necesario las posturas que se evaluarán adoptadas por el trabajador, estas se seleccionan por tener mayor carga postural ya sea por su duración, por su frecuencia o por una desviación con respecto a la posición neutra. Ergonautas [17]

Aplicación del método

- Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos, si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares.
- Seleccionar las posturas que se evaluarán, se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.
- Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho, en caso de duda se analizarán los dos lados.
- Tomar los datos angulares requeridos, pueden tomarse fotografías desde los puntos de vista adecuados para realizar las mediciones.
- Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo, empleando la tabla correspondiente a cada miembro.
- Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el Nivel de Actuación
- Si se requieren, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse, revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
- Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario

III. RESULTADOS

3.1 Objetivo 1: Diagnóstico de los laboratorios

3.1.1 Unidad

La Universidad está ubicada en la ciudad de Chiclayo del departamento de Lambayeque, Perú. Fue fundada en el año 1998 y es una universidad de derecho privado, sin fines de lucro y de duración permanente al servicio de la comunidad. Su principal propósito es alcanzar una síntesis entre la fe y la cultura, que conduzca a la formación integral de las personas, y al desarrollo de la sociedad. Su comunidad universitaria está integrada por profesores, estudiantes y graduados, consagrados al estudio, la investigación y la difusión de la verdad. En ese sentido, la universidad forma profesionales y personas que demuestran, en todo momento y en todo ámbito, respeto a la persona humana y a su libertad, con tolerancia y capacidad de diálogo; amor a la sabiduría, aprendiendo a compartir y enseñando con humildad; y pasión por la investigación, siendo contemplativos y profundos en su quehacer universitario. Esta universidad lambayecana abre sus puertas a todos los que compartan sus fines y a quienes hagan suyos los principios que la inspiran.

Facultades: Esta Universidad cuenta con cinco facultades:

- Facultad de Medicina
- Facultad de Ciencias Empresariales
- Facultad de Derecho
- Faculta de Humanidades
- Facultad de Ingeniería

3.1.2 Laboratorios

Uno de los ambientes más importantes para los estudiantes en la universidad son los laboratorios de cómputo siendo los más usados se encuentran en el primer piso y el cuarto piso y se evaluarán los del primer piso. Estos laboratorios son usados por la mayoría de estudiantes de la universidad de todas las facultades.

3.1.3 Condiciones ergonómicas

3.1.3.1 Condiciones ergonómicas ambientales

Para realizar el diagnóstico de las condiciones ergonómicas ambientales en los laboratorios, se realizaron diferentes mediciones de las variables de confort que afectan a los estudiantes y docentes durante sus horas de clase estas variables fueron:

- Confort acústico
- Confort lumínico

a) Confort acústico

Para realizar las mediciones de nivel de ruido se tomó en cuenta diferentes factores tales como el ruido proveniente del exterior esto debido a que en uno de los lados del edificio se encuentra al costado de una calle que rodea la universidad por donde se escucha frecuentemente ambulantes, anuncios en autos, claxon de diferentes vehículos, carretilleros.

Otro factor tomado en cuenta para las mediciones es el ruido proveniente de los alumnos en los pasillos.

Para efectuar las mediciones se usará un sonómetro modelo SL-5868P. El cual su unidad de medida son los decibeles y permite medir intervalos de ruido hallando el valor máximo y mínimo en un determinado tiempo.



Figura 1. Sonómetro SL-5868P

Fuente: Servovendi

A continuación, se detallan algunas características del sonómetro

Tabla 6. Características del sonómetro

Precisión	+1 y -1 dB
Rango mínimo	30 dB
Rango máximo	130 dB
Tipo	Integrados
Valoración de frecuencia	A, C y F
Dimensiones	236 x 63 x 26 mm
Peso	170 g

Fuente: Servovendi

Las mediciones en los laboratorios del primer piso del edificio Antiguo se realizaron en cinco diferentes posiciones señaladas en la figura 2 y de una manera más detallada en el plano 1, tomando intervalos de diez minutos en cada lugar de medición.

A su vez se aplicó una encuesta en donde tres preguntas se usan para la evaluación del confort sonoro en los laboratorios, estas preguntas pertenecen al cuestionario brindado por el Manual Práctico para la Evaluación del Riesgo Ergonómico.

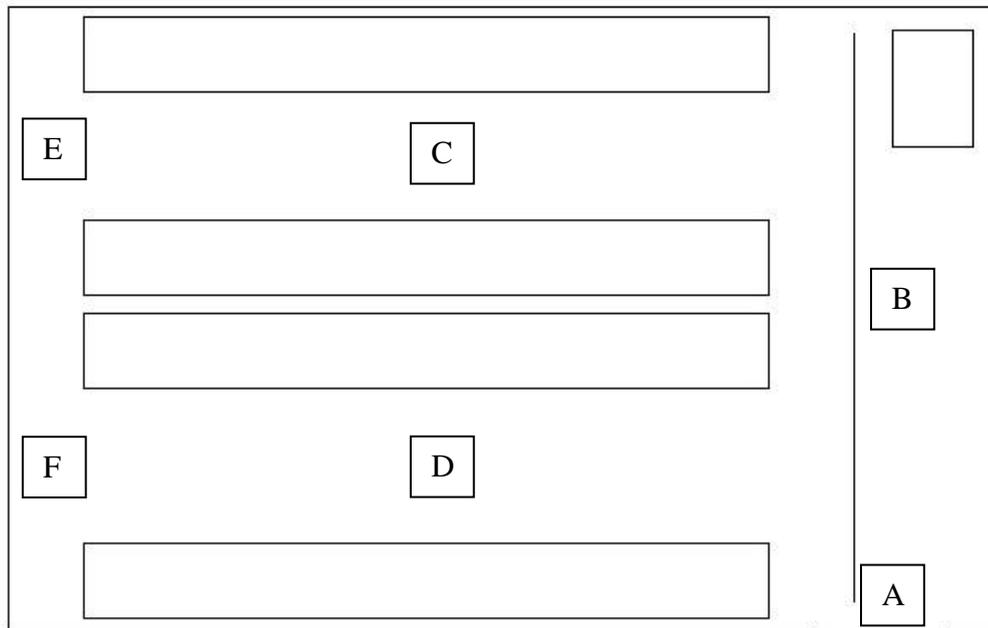


Figura 2. Bosquejo del laboratorio de las posiciones para realizar la medición del nivel de ruido

Fuente: Universidad privada

En la actualidad 1 751 alumnos pre grado y profesionalización, utilizan los laboratorios de cómputo por lo que se toma como población el número de estudiantes matriculados en el ciclo 2019-I.

Método de toma de muestra:

Para realizar las mediciones en los laboratorios se tomaron como muestra las clases de la carrera de Ingeniería Industrial teniendo en cuenta diferentes criterios: uno de estos fue el tiempo para realizarlas debido a que en las clases del resto de carreras iba a demandar mayor tiempo y otro criterio fue solicitar los permisos con los diferentes directores de escuela esperando sus respectivas aprobaciones.

Antes de comenzar las mediciones se deben realizar los trámites necesarios para así no tener ningún inconveniente para ingresar en la clase del laboratorio es por ello que se realizó la solicitud respectiva de permisos a la directora de escuela de la carrera de Ingeniería Industrial de la universidad, esto se debe a la facilidad de conseguir los permisos, al mismo tiempo se realizó la solicitud respectiva para el préstamo de equipos de medición.

Con los permisos y equipos obtenidos se comenzó a realizar el proceso de medición, indicando en la siguiente tabla los laboratorios medidos con su respectiva clase:

Tabla 7. Muestra para las mediciones de nivel de ruido en los laboratorios de cómputo

Laboratorio	Curso	Grupo	Horario
106	Diseño y Evaluación de Proyectos	B	Viernes (9:00 - 11:00)
108	Herramientas y Control Estadístico de la Calidad	B	Lunes (16:00 - 19:00)
	Estadística y Probabilidades	A	Miércoles (10:00 - 12:00)
	Herramientas y Control Estadístico de la Calidad	A	Jueves (17:00 - 19:00)

Fuente: Universidad privada

Una vez realizadas las mediciones se obtuvieron 96 resultados indicados en la tabla 8.

Tabla 8. Resultado de las mediciones del nivel de ruido

Clase	Posiciones de medición dB					
	A	B	C	D	E	F
Diseño y Evaluación de Proyectos	68,4	50,9	57,8	53,8	62	70,9
	53,8	71,1	61,1	62,6	56,7	64
	52,5	68,9	54,7	58,7	70,5	59,8
	61,1	49,8	67,4	52,3	69,6	62,2
Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (B)	53,9	66,3	54,2	64,7	63,9	68,1
	65,1	57,3	48,2	56,4	67,6	56,8
	52,9	66,9	68,2	47	48,3	56,9
	62,4	51,6	56,7	62,3	66,6	54,4
Estadística y Probabilidades	47,3	57,1	55,8	54,8	67,4	50,1
	47,9	68,8	57,3	67,7	48,1	54,8
	47,4	69,9	62,8	48,2	47,5	62,1
	51,8	61,6	67,1	68,9	61,1	55,3
Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (A)	58,5	50,8	52,5	69,9	59,9	56,7
	51,2	57,9	66,2	49	70,1	70,1
	48	59,8	58,8	71,3	60,3	68,5
	53,9	51,1	69,3	53,7	70,5	55,6

Fuente: Universidad privada

Una vez realizadas las mediciones respectivas, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 9. Resultados de las mediciones de nivel de ruido

Indicadores	Nivel de ruido (dB)
Total de mediciones	96
Nivel máximo	71,3
Nivel mínimo	47
Desviación estándar	7,40

Fuente: Universidad privada

Como se observa en la tabla 9 el nivel de ruido máximo fue de 71,3 decibeles y el mínimo fue de 47 decibeles, directamente con esos valores no se puede realizar medidas de tendencia central debido a que para operar con decibeles se necesita de una fórmula especial que se utilizará más adelante para el desarrollo de la propuesta y de los 96 datos obtenidos se obtuvo una desviación estándar de +7,40 y -7,40 decibeles.

Los resultados se comparan con el ruido máximo permitido en los laboratorios de cómputo establecido por la Norma Técnica de Infraestructura Educativa elaborada por el Ministerio de Educación la cual señala que el ruido máximo que debe haber en el interior de estos ambientes es 45 dB, obteniendo el siguiente indicador con los 96 resultados obtenidos

$$Eficiencia\ acústica\ en\ los\ lab. = \frac{N^{\circ}\ de\ datos\ menores\ o\ iguales\ a\ 45\ dB}{Total\ mediciones} \times 100$$

Tabla 10. Conteo de datos con respecto a la Norma Técnica de Infraestructura Educativa

Total de datos	96
Nivel de ruido mayor a 45 dB	96
Nivel de ruido menor o igual a 45 dB	0

Fuente: Universidad privada

$$Eficiencia\ acústica\ en\ los\ lab. = \frac{0}{96} \times 100 = 0\%$$

Como resultado en base a la Norma Técnica de Infraestructura Educativa existe una eficiencia acústica en los laboratorios del 0%, lo que quiere decir que se debe adecuar el ambiente para que tenga las condiciones acústicas igual u óptimas según lo que manda la norma.

b) Confort lumínico

Para realizar la medición de la iluminación en los laboratorios, se tomó en consideración que durante el día no existía problema alguno con respecto a la iluminación, por ello que solo se consideró la noche como problema para esta investigación.

El instrumento utilizado para las mediciones fue el luxómetro, el cual mide en lux, que es la unidad de medida, la intensidad de luminancia de las luminarias que se encuentran en el laboratorio. Tomando un rango de 0 – 1 000 luxes.



Figura 3. Luxómetro EXTECH LT300

Fuente: Agromarket

A continuación se detallan algunas características del luxómetro

Tabla 11. Características del luxómetro

Rango	0 a 400 000 lux 0 a 300 Hz
Dimensiones	150 x 75 x 40 mm
Peso	200 g
Longitud de cable	1,8 m

Fuente: Agromarket

El laboratorio cuenta con ocho luminarias, es por ello que se hicieron cinco mediciones por luminaria siendo cada una los lugares de medición. Cada medición se realizó debajo de cada luminaria al nivel de la carpeta de trabajo, estos lugares están señalados en la figura 4 y detallados en el plano 2.

A su vez se aplicó una encuesta en donde dos preguntas se usan para la evaluación del confort lumínico en los laboratorios, estas preguntas pertenecen al cuestionario brindado por el Manual Práctico para la Evaluación del Riesgo Ergonómico.

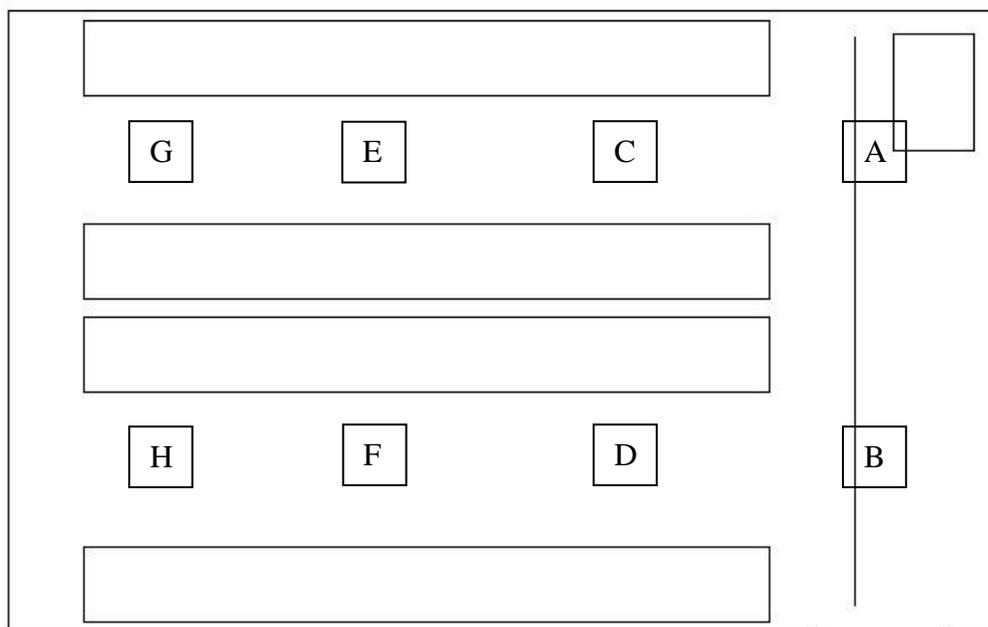


Figura 4. Bosquejo del laboratorio de las posiciones para realizar la medición del nivel de iluminación

Fuente: Universidad privada

Las mediciones se realizaron a partir de las 19:00 horas en donde las letras señaladas en la figura 4 son las posiciones de medición, se escogió este horario debido a que los laboratorios no se encuentran en clases y en ese momento no

existe la mínima interferencia de luz solar al momento de medir con el luxómetro, teniendo como resultado únicamente los valores de las luminarias.

Para realizar las mediciones se tomó como muestra los cuatro laboratorios en el horario que se encuentren libres a partir de las 19:00 horas indicando en la siguiente tabla

Tabla 12. Muestra para las mediciones de nivel de iluminación para los laboratorios de cómputo

Laboratorio	Horario
105	Martes (21:00 - 22:00)
106	Lunes (20:00 - 21:00)
107	Lunes (19:00 - 20:00)
108	Miércoles (19:00 - 20:00)

Fuente: Universidad privada

Una vez realizadas las mediciones se obtuvieron 120 resultados indicados en la tabla 13, las mediciones se realizaron mediante el método de promedios el cual consiste en realizar tres mediciones en forma de triángulo sobre la zona en dónde se medirá y así obtener un promedio entre de las mediciones de ese triángulo.

Tabla 13. Resultados de las mediciones de nivel de luminosidad

Laboratorio	Posiciones de medición (lux)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
105	351	265	359	378	379	322	373	347
	294	338	263	288	340	336	336	311
	335	375	308	275	283	304	269	312
	368	371	321	283	359	316	285	263
	279	298	269	317	277	329	367	367
106	309	354	295	306	279	379	285	312
	294	346	297	272	366	375	266	374
	320	328	320	365	266	311	377	343
	286	284	362	363	312	310	370	312
	320	261	311	314	332	297	286	331
107	359	287	290	350	348	315	293	294
	376	296	280	337	350	281	279	336
	373	314	336	360	269	373	301	348
	343	369	379	321	323	304	309	284
	376	333	304	276	291	375	324	293
108	285	345	333	348	326	299	288	377
	336	276	333	291	378	267	274	312
	323	364	369	339	302	334	276	296
	287	292	292	336	265	377	268	300
	361	315	273	359	302	379	302	329

Fuente: Universidad privada

Una vez realizadas las mediciones respectivas, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 14. Resultados de las mediciones de nivel de iluminación

Indicadores	Nivel de iluminación (lux)
Total de mediciones	160
Nivel máximo	379
Nivel mínimo	261
Media	320,36
Mediana	315,5
Moda	336
Desviación estándar	35,20

Fuente: Universidad privada

En la tabla 14 se observan los resultados en donde el nivel máximo de iluminación fue de 379 luxes y el nivel mínimo fue de 261 luxes. Como medidas de tendencia central se obtuvo un promedio de 320,36 lúmenes y una mediana de 315,5 luxes de los 160 datos obtenidos. Así como también se obtuvo una desviación estándar de +35,2 y -35,2 luxes.

Tomando como referencia las condiciones mínimas de iluminación a considerar según los ambientes al interior de los ambientes al interior de las edificaciones en este caso los laboratorios en los centros de enseñanza de la universidad, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar. Todas estas condiciones están establecidas en la norma EM. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones donde los niveles de iluminación mínimos deben ser 500 luxes. Con este valor se determinó el siguiente indicador:

$$Eficiencia\ lumínica = \frac{N^{\circ}\ de\ datos\ mayores\ o\ iguales\ a\ 500\ luxes}{Total\ mediciones} \times 100$$

Tabla 15. Conteo de datos respecto al Reglamento Nacional de Edificaciones

Total de datos	160
Nivel de iluminación menor a 500 luxes	160
Nivel de iluminación mayor o igual a 500 luxes	0

Fuente: Universidad privada

$$Eficiencia\ lumínica = \frac{0}{160} \times 100 = 0\%$$

Como resultado en base al Reglamento Nacional de Edificaciones existe una eficiencia lumínica en los laboratorios del 0%, lo que quiere decir que la luminaria no es la adecuada para realizar las actividades de aprendizaje en los laboratorios ya que todas las tomas de valores son por debajo de los 500 luxes en el horario de las 19:00 horas en adelante.

3.1.3.2 Condiciones ergonómicas antropométricas

Las condiciones ergonómicas antropométricas son las condiciones relacionadas con las posturas del usuario presentadas en la labor del trabajo. Para este caso serán las posturas que los estudiantes toman en sus clases al momento de usar sus computadoras.

La metodología que se aplicará se determinó mediante una matriz de confrontación evaluando diferentes factores de riesgo con las diferentes metodologías de evaluación ergonómica, resultando con mayor puntaje la metodología REBA, esta metodología evalúa mediante las posturas el nivel de riesgo que presenta el puesto de trabajo de manera rápida en donde se analiza las diferentes posturas que un estudiante adopta durante una sesión de clase

Tabla 16. Matriz de confrontación de las metodologías de evaluación ergonómica

Factores de riesgo	METODOLOGÍAS					
	REBA	RULA	OWAS	NIOSH	OCRA	FANGER
Nivel de acción	1	1	0	0	0	0
Movimientos repetitivos	1	1	0	0	1	0
Posturas de Cuerpo entero	1	0	0	0	0	0
Posturas de Miembros superiores	1	1	0	0	1	0
Nivel de actuación	1	1	0	0	0	0
Carga postural	1	1	1	1	0	0
Cargas físicas	1	1	1	1	0	0
Condiciones ambientales	0	0	0	0	0	1
TOTAL	7	6	2	2	2	1

Para iniciar con el análisis de la metodología REBA se tomará en cuenta las siguientes dos figuras que indican las posturas del estudiante adoptadas en clase.



Figura 5. Posturas del estudiante en los laboratorios

Fuente: Universidad privada

La figura 5 se usará para medir los ángulos de las distintas partes del cuerpo según lo requiera la metodología estas medidas se realizarán mediante el programa RULER proporcionado por la página web ergonomautas de la Universidad Politécnica de Valencia, el cual consta de seleccionar una imagen para poder medir los ángulos de las diferentes

pates del cuerpo según lo requiera la respectiva evaluación de posturas. Mientras que la figura 6 indicará si las partes del cuerpo presentan rotación o movimientos laterales especificados en la metodología.



Figura 6. Posturas del estudiante en los laboratorios

Fuente: Universidad privada

Puntuación método REBA

Para la puntuación del método REBA se tomará en cuenta dos grupos el A y el B dónde cada grupo presenta distintos miembros del cuerpo y se evaluará con respecto a su posición y la medida de sus ángulos.

Puntuación Grupo A

El grupo A está conformado por las partes del cuello, piernas y tronco.

Cuello: 3

El cuello presenta una puntuación de 3 ya que el estudiante presenta una flexión mayor a 20 grados como se puede apreciar en la figura 7, obteniendo una puntuación de 2 indicada en la tabla 17 y a la vez se le añade +1 debido a que presenta torsión.



Figura 7. Medición ángulos: cuello

Fuente: Universidad privada

Tabla 17. Puntuación REBA: cuello

Posición	Puntuación	Corrección	
0° - 20° flexión	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral	
>20° flexión o extensión	2		

Piernas: 2

Las piernas presentan una puntuación de 2 debido que el estudiante presenta soporte bilateral como se puede apreciar en la figura 8, obteniendo una puntuación de 1 indicada en la tabla 18 y a la vez se le añade +1 debido a que presenta una flexión en las rodillas entre 30 a 60 grados.

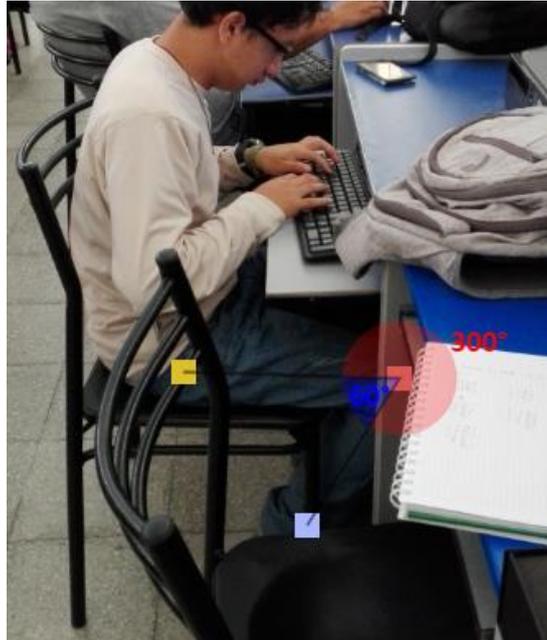


Figura 8. Medición ángulos: piernas

Fuente: Universidad privada

Tabla 18. Puntuación REBA: piernas

Posición	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1		
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	<p>Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30° - 60°</p> <p>Añadir +2 si las rodillas están flexionadas >60°</p>	

Tronco: 3

El tronco presenta una puntuación de 3 ya que el estudiante presenta una flexión mayor entre 0 y 20 grados como se puede apreciar en la figura 9, obteniendo una puntuación de 2 indicada en la tabla 19 y a la vez se le añade +1 debido a que presenta torsión.



Figura 9. Medición ángulos: tronco

Fuente: Universidad privada

Tabla 19. Puntuación REBA: tronco

Posición	Puntuación	Corrección	
Erguido	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral	
Extensión 0° - 20° Flexión 0° - 20°	2		
Extensión >20° Flexión 45° - 90°	3		
Flexión >60°	4		

Tabla de correlación del grupo A

Para realizar la correlación en el grupo A se debe tomar en cuenta las puntuaciones de los miembros evaluados realizando la respectiva correlación en la tabla 20 obteniendo así el puntaje parcial del grupo A.

Tabla 20. Puntuación REBA: Grupo A

		Cuello											
		1				2				3			
		Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Carga/Fuerza: 0

Con respecto a la carga o fuerza al aplicar el método en un laboratorio de cómputo en donde no se necesita realizar ningún levantamiento de carga se coloca la puntuación de 0 como se indica en la tabla 21.

Tabla 21. Puntuación REBA: cargas o fuerzas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 5 kg.	0
Carga entre 5 a 10 kg.	+1
Carga superior a 10 kg	+3
Instauración rápida o brusca	+3

Puntuación final Grupo A

La puntuación final del grupo A fue de 6 ya que no se le añade puntuación extra porque no se realiza ninguna carga.

Tabla 22. Puntuación final grupo A

GRUPO A	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo A	6
Carga o Fuerza	0
TOTAL	6

Grupo B

El grupo B está conformado por las partes de los brazos, antebrazos y muñecas.

Antebrazos: 2

El antebrazo está flexionado a 52° obteniendo una puntuación de 2 ya que esta puntuación se obtiene cuando el ángulo es mayor a 15° y menor a 60° .



Figura 10. Medición ángulos: antebrazo

Fuente: Universidad privada

Tabla 23. Puntuación REBA: antebrazo

Posición	Puntuación	
60° - 100° flexión	1	
>15° flexión/extensión	2	

Muñecas: 2

Las muñecas presentan una puntuación de 2 debido a que presenta una flexión mayor a 15°.



Figura 11. Medición ángulos: muñecas

Fuente: Universidad privada

Tabla 24. Puntuación REBA: muñecas

Posición	Puntuación	Corrección	
0° - 15° extensión/flexión	1	Añadir +1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/extensión	2		

Brazos: 3

Los brazos presentan una puntuación de 3 ya que tiene en ángulo de flexión de 64° y se encuentra entre 45° y 90°, no se le añade puntuación porque no presenta abducción o elevación de hombros y no se le disminuye porque la silla no cuenta con apoyabrazos.



Figura 12. Medición ángulos: brazos

Fuente: Universidad privada

Tabla 25. Puntuación REBA: brazos

Posición	Puntuación	Corrección	
0 - 20° extensión/flexión	1	<p>Añadir</p> <ul style="list-style-type: none"> • +1 si hay abducción o rotación • +1 si hay elevación de hombro • -1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad 	
Extensión >20° Flexión 20° - 45°	2		
Flexión 45° - 90°	3		
Flexión >90°	4		

Tabla de correlación grupo B

Para realizar la correlación en el grupo B se debe tomar en cuenta las puntuaciones de los miembros evaluados realizando la respectiva correlación en la tabla 26 obteniendo así el puntaje parcial del grupo B.

Tabla 26. Puntuación REBA: Correlación Grupo B

Antebrazo						
1				2		
Muñeca				Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Agarre: 0

La puntuación con respecto al agarre es 0 debido a que no se realizan levantamientos de carga, es por eso que la puntuación parcial del grupo B seguirá igual.

Tabla 27. Puntuación REBA: agarre

Agarre	Puntuación	Descripción
Bueno	0	Buen agarre y fuerza de agarre
Regular	1	Agarre aceptable
Malo	2	Agarre posible pero no aceptable
Inaceptable	3	Incómodo, sin agarre manual inaceptable usando otras partes del cuerpo

Puntuación final Grupo B

La puntuación final del grupo B fue de 5 ya que no se le añade puntuación extra porque no se realiza ningún levantamiento de carga y no se produce ningún agarre.

Tabla 28. Puntuación final grupo B

GRUPO B	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo B	5
Carga o Fuerza	0
TOTAL	5

Tabla de correlación puntuación final C

Una vez obtenidas las puntuaciones finales del grupo A y B se procede a realizar la correlación en la tabla para el grupo C en donde se obtuvo una puntuación parcial de 8

Tabla 29. Puntuación REBA: Correlación Grupo C

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Actividad muscular

A la puntuación parcial del grupo C se le tiene que añadir puntuación extra según el tipo de actividad realizada, para el caso de los laboratorios el tipo de actividad es estática ya que las posturas se mantienen más de un minuto seguido añadiendo 1 a la puntuación parcial de C

Tabla 30. Puntuación REBA: tipo de actividad

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Cambios de posturas importantes, adoptar posturas inestables	+1

Puntuación final C

La puntuación final del grupo C fue de 9 debido a que se le añade puntuación extra de 1 por el tipo de actividad que realiza.

Tabla 31. Puntuación final grupo C

GRUPO C	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo C	8
Tipo de actividad	+1
TOTAL	9

Resultado de la metodología REBA

Tabla 32. Resultados de la metodología REBA

Nivel de Riesgo y Acción	
Puntuación final REBA	9
Nivel de acción	3
Nivel de riesgo	Alto
Actuación	Es necesaria la actuación cuanto antes

Como resultado del análisis de posturas con la metodología la puntuación final es de 9, el nivel de acción es 3 con nivel de riesgo alto y se deben tomar medidas de acciones

inmediatas, la mayoría de posturas adoptadas por el estudiante es debido al diseño del laboratorio y al inmobiliario que presenta.

3.1.4 Diseño estructural y equipamiento

Para el diseño estructural y de equipamiento se ha considerado el diseño y el inmobiliario de los laboratorios de cómputo en donde se encuentran las sillas y las mesas y se ha realizado sus mediciones respectivas. Cabe resaltar que todos los laboratorios de cómputo tienen el mismo diseño y el mismo inmobiliario.

El diseño del laboratorio es inadecuado debido a que las mesas no se encuentran de manera frontal a la pizarra, es decir se encuentran ubicadas de manera frontal a las paredes laterales ocasionando que los estudiantes adopten malas posturas durante la sesión de clase y realicen repetitivamente el movimiento de voltear tanto el cuello como la espalda para mirar la pizarra o el ecran.

Las dimensiones de las sillas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 33. Dimensiones de las sillas de los laboratorios

Dimensiones de las sillas	
Altura del respaldar	43 cm
Largo del asiento	40 cm
Ancho del asiento	40 cm
Altura de las patas	43 cm

Fuente: Universidad privada



Figura 13. Silla de los laboratorios de cómputo

Fuente: Universidad privada

Como se observa en la figura 13 el diseño de la silla claramente no es completamente ergonómica para el estudiante debido a que no presenta todas las características que necesita.

Luego con respecto a las mesas de los laboratorios se realizaron las siguientes mediciones

Tabla 34. Dimensiones de las mesas en los laboratorios

Dimensiones de las mesas	
Largo de la mesa	70,5 cm
Ancho de la mesa	85,5 cm
Altura desde el suelo al sitio del teclado	67,5 cm

Fuente: Universidad privada



Figura 14. Mesa de los laboratorios de cómputo

Fuente: Universidad privada



Figura 15. Mesa de los laboratorios de cómputo

Fuente: Universidad privada

Para hallar el confort en los estudiantes se aplicó una encuesta, para facilitar los permisos en los laboratorios de cómputo se eligió solo las clases pertenecientes a la escuela de Ingeniería Industrial las cuales fueron:

Tabla 35. Estudiantes encuestados sobre el confort en los laboratorios

Laboratorio	Curso	Grupo	Horario	Estudiantes encuestados
106	Diseño y Evaluación de Proyectos	B	Viernes (9:00 - 11:00)	20
108	Herramientas y Control Estadístico de la Calidad	B	Lunes (16:00 - 19:00)	29
	Estadística y Probabilidades	A	Miércoles (10:00 - 12:00)	27
	Herramientas y Control Estadístico de la Calidad	A	Jueves (17:00 - 19:00)	19

Fuente: USAT

La cantidad total de alumnos encuestados fue de 95, en donde se preguntó sobre diferentes tipos de confort siendo estos: el confort acústico, el confort lumínico y el confort propiamente dicho. La encuesta se llevó a cabo después de realizar las mediciones.

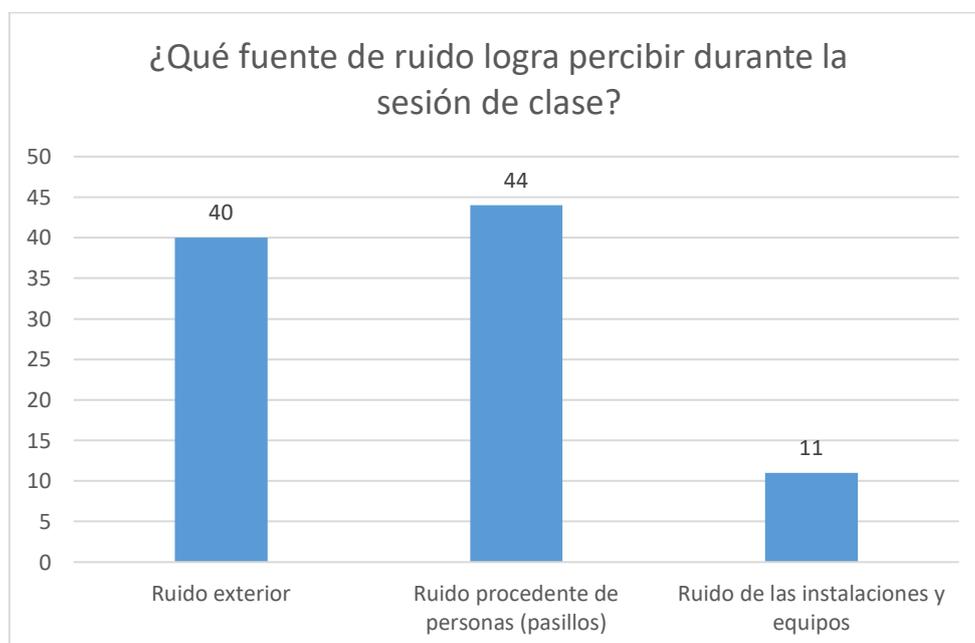


Figura 16. Fuentes de ruido percibidas durante la sesión de clase

En la figura N° 16 se observa las respuestas de las fuentes de ruido que los estudiantes logran percibir durante la sesión de clase e identificaron dos principales fuentes de ruido siendo la principal el ruido procedente de personas que viene de los pasillos con 44 personas y la otra fuente de ruido es el ruido que viene del exterior de la universidad.

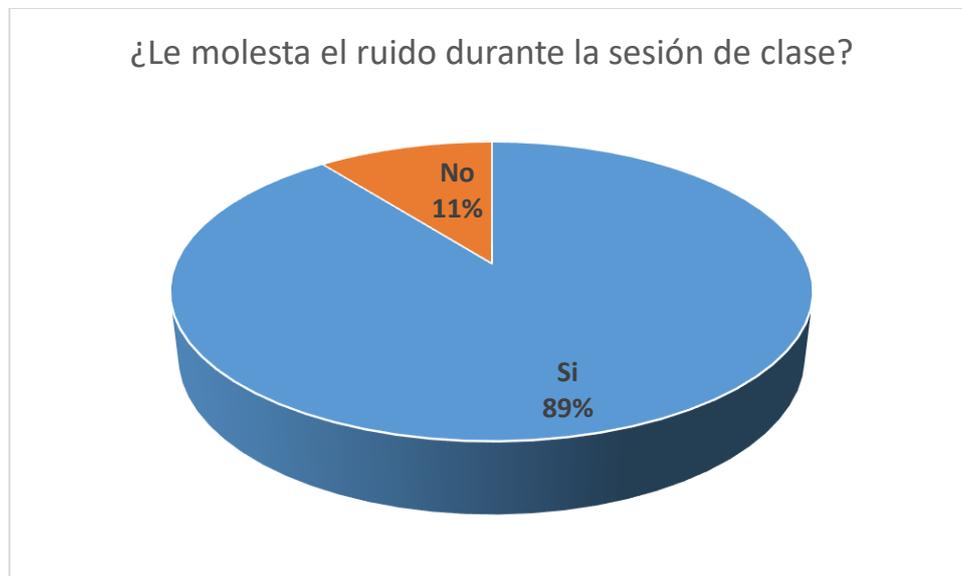


Figura 17. Molestia del ruido durante la sesión de clase

En la figura N° 17 se indica la molestia del ruido durante una sesión de clase, teniendo a 85 alumnos que les molesta el ruido durante una sesión de clases representando el 89% de los encuestados, mientras que a 10 alumnos no les molesta el ruido representando el 11% restante.

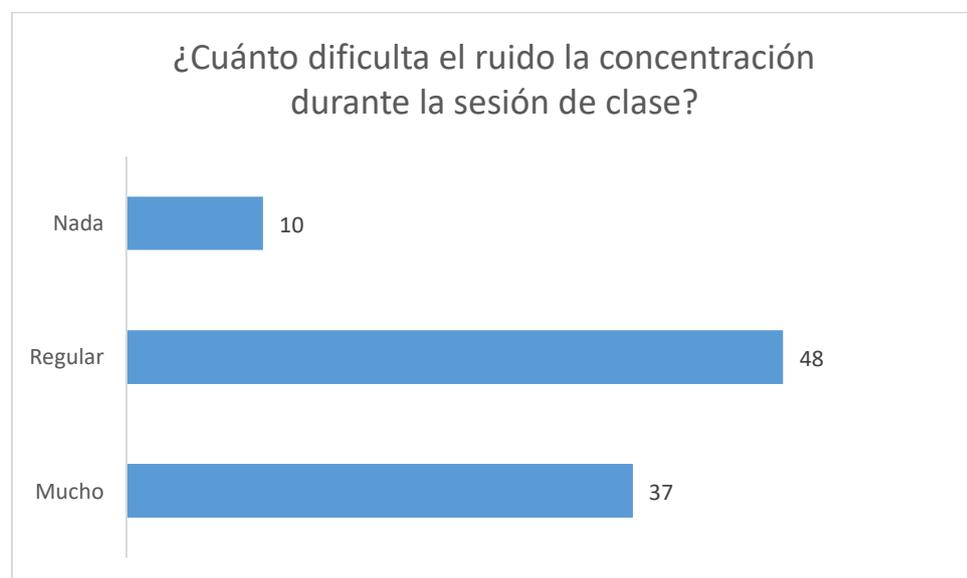


Figura 18. Dificultad de concentración por el ruido durante la sesión de clase

La figura N° 18 indica la dificultad de concentración debido al ruido en dónde de acuerdo a la figura anterior el 11% que indicó que no le molesta el ruido tampoco tienen dificultad para concentrarse y del 89% a 48 personas tiene regular dificultad para concentrarse en clase y 37 personas tiene mucha dificultad para concentrarse en clase

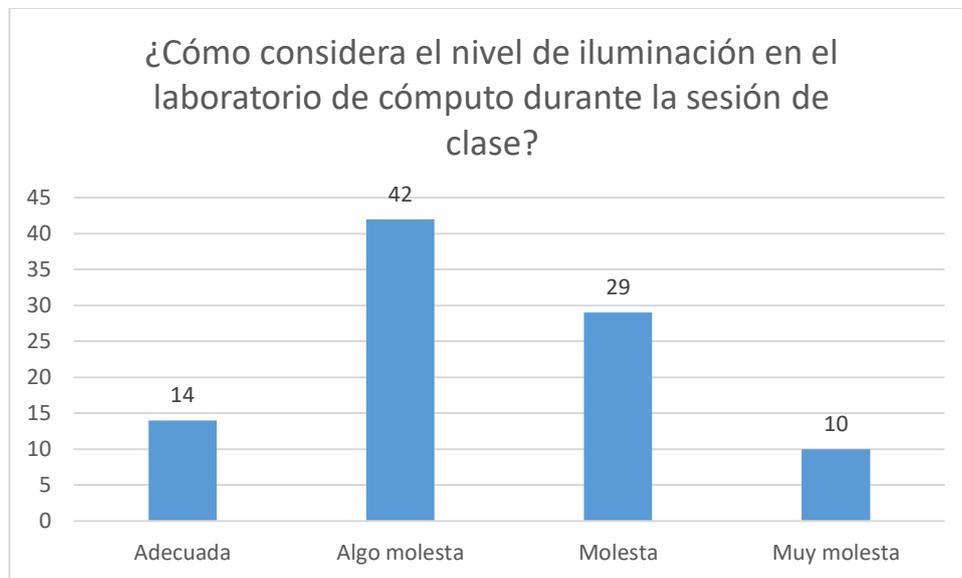


Figura 19. Nivel de iluminación en el laboratorio de cómputo

En la figura N° 19 a la mayoría de personas les molesta el nivel de iluminación en el laboratorio, en dónde la mayor respuesta fue que el nivel de iluminación es algo molesto. Relacionando estos resultados con la figura N° 20 las personas que les parece que el nivel de iluminación es el adecuado respondieron que no es necesario hacer un cambio en la iluminación, mientras que de las personas que les parece molesta la luz 28 personas prefieren menos luz y 53 personas prefieren más luz.

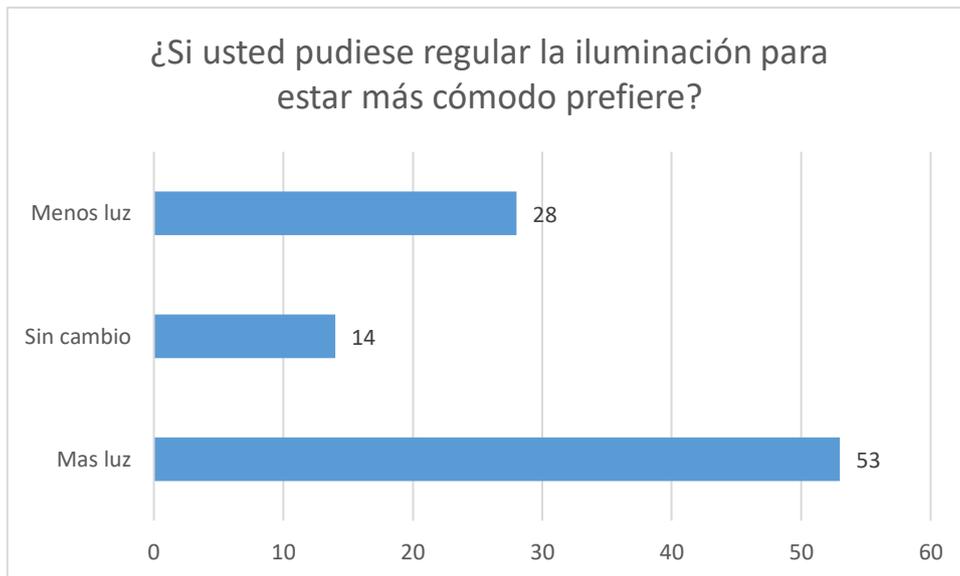


Figura 20. Regulación de los niveles de iluminación en el laboratorio de cómputo

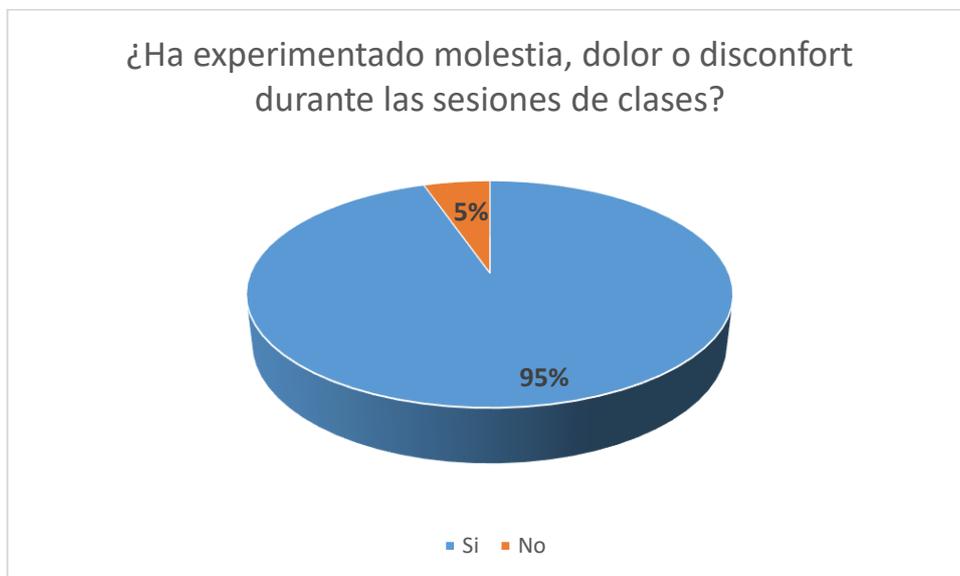


Figura 21. Disconfort durante la sesión de clases

La figura N° 21 indica si durante la sesión de clase los alumnos han experimentado alguna molestia, dolor o disconfort, de los cuales el 95% que representa a 90 alumnos encuestados si presentan molestias durante la sesión de clase y el 5% que representa a 5 alumnos no presentan molestias.

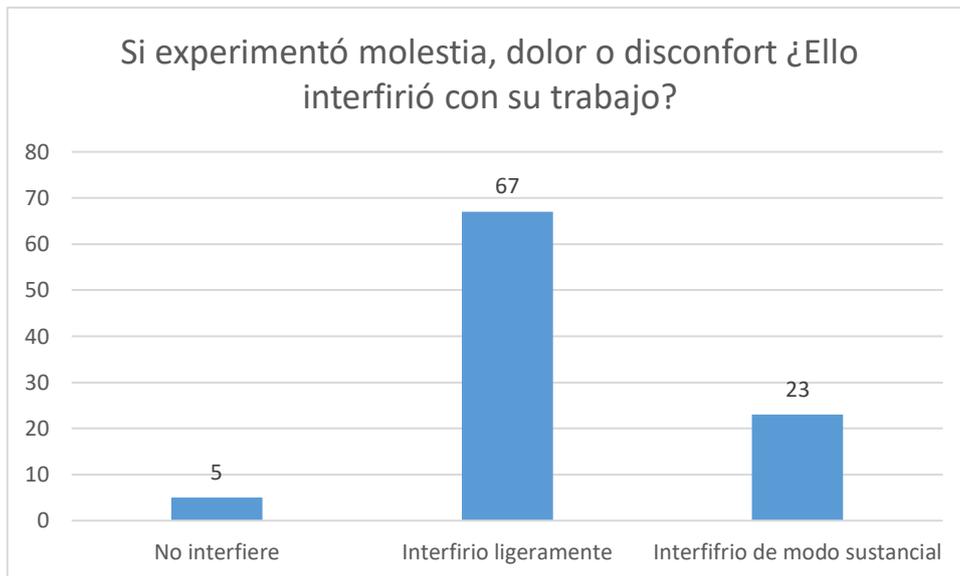


Figura 22. Interferencia del disconfort durante la sesión de clase

En la figura 22 y 23 indica si esas molestias interfirieron en su trabajo y con qué frecuencia tuvieron estas molestias, teniendo que el 5% de la figura anterior las molestias no interfieren en su trabajo y nunca experimentan molestias mientras que del 95% que si experimentan molestias 67 respondieron que interfieren ligeramente y 23 que interfiere de modo sustancial; 77 experimentan molestias una vez al día y 13 experimentan varias veces al día.

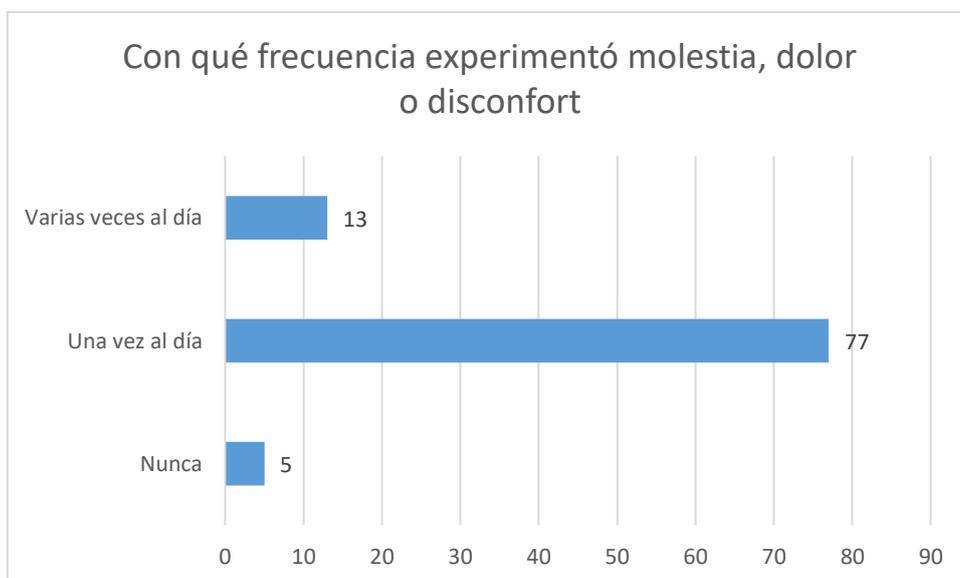


Figura 23. Frecuencia de disconfort

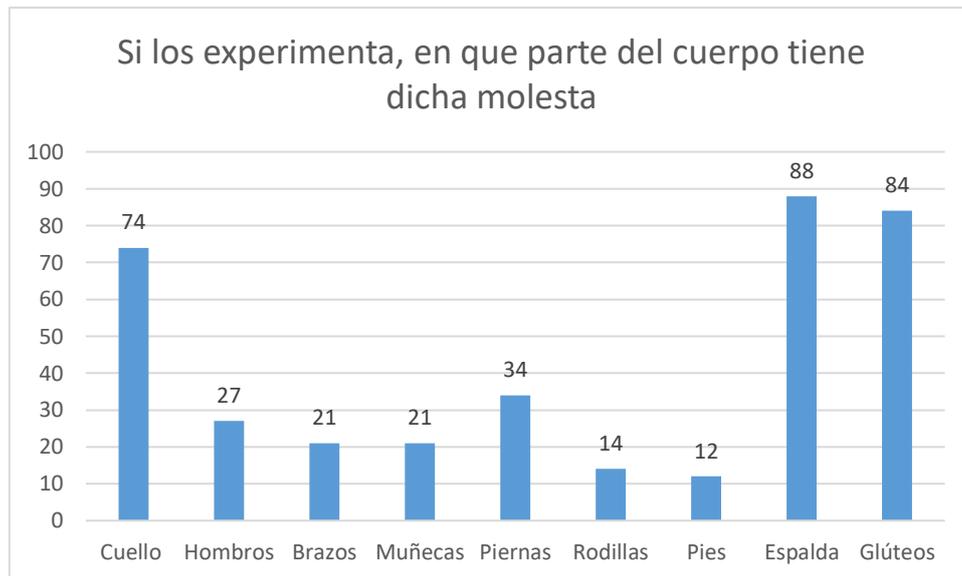


Figura 24. Partes donde experimentan disconfort

En la figura 24 indica en que parte del cuerpo experimentan las molestias, siendo las partes principales del cuerpo en donde más se experimentan molestias la espalda, los glúteos y el cuello.

Para finalizar el diagnóstico se realizará una tabla resumen de los indicadores con sus respectivos resultados encontrados:

Tabla 36. Indicadores actuales

Indicador	Resultado
Eficiencia lumínica	0%
Eficiencia acústica	0%
Nivel de acción	Alto
Nivel de riesgo	3
Actuación	Necesaria la actuación cuanto antes

3.2 Objetivo 2: Diseño del sistema

La propuesta del diseño de este sistema ergonómico se inicia con el diseño de sistemas de luminarias mediante el método de lúmenes, luego se realiza el diseño del sistema de aislante acústico para reducir la cantidad de decibeles ya medidos y se termina con la propuesta de un nuevo mobiliario y distribución de este para que nuevamente se realice el método REBA y se pueda reducir su nivel de riesgo.

3.2.1 Diseño del sistema de luminarias en el laboratorio

El diseño del sistema de luminarias en el laboratorio se desarrollará a través del método de lúmenes el cual se usará para obtener el flujo luminoso total necesario, la cantidad de luminarias necesarias y cómo deben situarse en el laboratorio.

Para hallar el flujo luminoso total necesario se aplicará la siguiente fórmula

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_m \cdot C_u}$$

E_m : nivel de iluminación medio

Φ_T : flujo luminoso que un determinado espacio necesita

S: superficie a iluminar

C_m : Coeficiente de mantenimiento

C_u : Coeficiente de utilización

Los cálculos a realizar para hallar el flujo luminoso total se determinarán en diferentes pasos:

a) Dimensiones del laboratorio:

Tabla 37. Dimensiones del laboratorio

Dimensiones del laboratorio	
Ancho (a)	7,15 metros
Largo (b)	10 metros
Altura (h)	3,44 metros

b) Altura del plano del trabajo:

La altura del plano de trabajo (h') corresponde a la altura desde el suelo hasta donde se encuentra la pantalla de visualización sobre la mesa, por lo tanto este valor es de 0,75 metros

c) Nivel de luminancia media (E_m):

El nivel de luminancia media depende de la actividad a desarrollar lo que en este caso sería las clases en un laboratorio de cómputo, el cual según el Reglamento Nacional de Edificaciones el nivel de luminancia mínimo debe ser de 500 lux

d) Elección del tipo de lámpara y luminaria

La luminaria es el soporte que las lámparas requieren para poder brindar iluminación a una zona determinada, mientras que las lámparas es el objeto que brinda la luz artificialmente.

El uso más común de lámparas para este tipo de ambientes es usar tubos fluorescentes, para este caso se utilizarán lámparas con luminarias distintas que serán tubos LED debido a que tienen mayor flujo lumínico y así se podrá alcanzar los niveles mínimos de iluminancia requerido por el reglamento. La luminaria es OFFISIMPLE 219 LED y las lámparas a usar son Master LedTube de 16W y una longitud de 1,2 metros. Siendo tanto la luminaria como la lámpara de la marca Philips.

Tabla 38. Elección de lámpara y luminaria

Elección de Luminaria y Lámpara	
Lámpara	Master LedTube
Longitud	1,2 metros
Potencia por lámpara	16 W
Flujo lumínico	2 500 lm



Figura 25. Luminaria OFFISIMPLE 219 LED.

Fuente: Philips

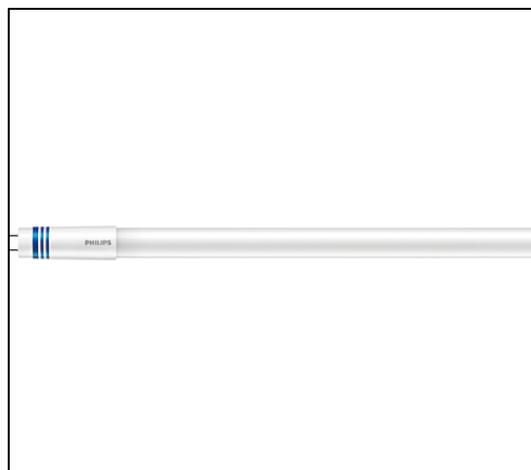


Figura 26. Lámpara Master LEDtube

Fuente: Philips

e) Calcular el índice de cavidad del local (k)

Para hallar el índice de cavidad local se debe usar las dimensiones que tiene el laboratorio, la fórmula aplicada dependerá si la iluminación es directa o indirecta, en este caso la iluminación es directa debido a que es hacia abajo, por lo que se tiene la siguiente fórmula:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Para este caso la altura es la diferencia entre la altura del laboratorio y la altura del plano de trabajo, obteniendo como resultado: $3,44 - 0,75 = 2,69$ metros

Con las dimensiones ya obtenidas se pasa a hallar k:

$$k = \frac{7,15 \times 10}{2,69 \times (7,15 + 10)} = 1,55$$

Obteniendo como índice de cavidad del local 1,55.

f) Calcular los coeficientes de reflexión:

Para determinar el coeficiente de reflexión se utilizará una tabla con los valores ya determinados de los cuales se determinará por los colores tanto del techo, de las paredes y del suelo.

Tabla 39. Coeficientes de reflexión

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: Diseño de un aula informática

Obteniendo los siguientes coeficientes de reflexión para el laboratorio:

- Techo: 0,7



Figura 27. Estado actual del techo del laboratorio

- Paredes: 0,5



Figura 28. Estado actual de la pared del laboratorio

- Suelo: 0,3

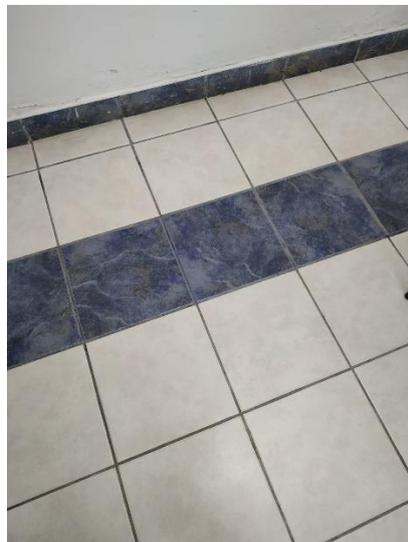


Figura 29. Estado actual del piso del laboratorio

g) Calcular coeficiente de utilización (CU)

Una vez obtenidos el índice de cavidad del local y los coeficientes de reflexión, se determina el coeficiente de utilización a partir de los valores suministrados por los fabricantes.

Tabla 40. Factor de utilización luminarias

		0,7			0,5			0,3		
Reflectancia techo										
Reflectancia paredes		0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
k	1	0,28	0,22	0,16	0,25	0,22	0,16	0,26	0,22	0,16
	1,2	0,31	0,27	0,2	0,3	0,27	0,2	0,3	0,27	0,2
	1,5	0,39	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26
	2	0,45	0,4	0,35	0,44	0,4	0,35	0,44	0,4	0,35
	2,5	0,52	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41
	3	0,54	0,5	0,45	0,53	0,5	0,45	0,53	0,5	0,45
	4	0,61	0,56	0,52	0,59	0,56	0,52	0,56	0,56	0,52
	5	0,63	0,6	0,56	0,63	0,6	0,56	0,62	0,6	0,56
	6	0,68	0,63	0,6	0,66	0,63	0,6	0,65	0,63	0,6
	8	0,71	0,67	0,64	0,69	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64
10	0,72	0,7	0,67	0,71	0,7	0,67	0,71	0,7	0,67	

Al tener la tabla de los factores de utilización para luminarias Philips se ubican los coeficientes de reflexión del techo, paredes y piso y también el índice de cavidad del local que es 1,55 entonces se observa que el valor de k no se encuentra en la tabla entonces se interpola entre los valores de 1,5 y 2 obteniendo como resultado el valor de 0,396.

h) Calcular factor de mantenimiento

En un espacio se determina como la relación de iluminancia promedio en el plano de trabajo pasado un periodo de tiempo. Para hallar estos datos se utiliza unas tablas con diferentes valores del factor de mantenimiento a utilizar según corresponda.

El cálculo del factor de mantenimiento se realiza mediante una consulta al personal de mantenimiento de la universidad en donde explicaron que la limpieza de las luminarias se realiza de manera constante, siendo el tipo de luminarias abiertas. Esto quiere decir que el factor de mantenimiento será 0,8.



Figura 30. Estado actual de la luminaria del laboratorio

Tabla 41. Valores de Factor de Mantenimiento

Ambiente	Factor Mantenimiento
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Fuente: Diseño de un aula informática

i) Flujo luminoso total o requerido

Flujo luminoso que se requiere para producir la iluminación según mande la norma. Se usa la fórmula del flujo luminoso total requerido

$$\Phi_T = \frac{500 \times (7,15 \times 10)}{0,8 \times 0,396} = 112\ 852,356\ lm$$

Obteniendo el flujo luminoso total emitido por las lámparas, se realiza el cálculo para el número de luminarias

$$N = \frac{\text{Flujo luminoso total o requerido}}{\text{flujo luminoso por tubo} \times \text{número de tubos por luminaria}}$$

$$N = \frac{112\,852,356}{2\,500 \times 2} = 22,57 \cong 23$$

j) Flujo real

El flujo real es el flujo que verdaderamente emiten las luminarias seleccionadas. Empleando la siguiente fórmula y dando como resultado 115 000 lm:

$$\Phi_{real} = 23 \times 2 \times 2\,500 = 115\,000 \text{ lm}$$

k) Iluminancia promedio

$$E_{prom} = \frac{115\,000 \times 0,8 \times 0,396}{7,15 \times 10} = 509,52 = \text{lux}$$

Este valor de iluminancia promedio es el adecuado debido a que es superior al nivel de iluminancia medio que debe haber en un laboratorio de cómputo que son 500 lux, logrando un total cumplimiento por el Reglamento Nacional de Edificaciones, eliminando un posible pago de multa por incumplimiento.

l) Distribución de las luminarias

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo} \times ancho} = \sqrt{\frac{23}{7,15} \times 10} \cong 4$$

$$N_{largo} = N_{anchura} \times \frac{largo}{ancho} = 23 \times \frac{10}{7,15} \cong 6$$

Esto indica que la distribución de luminarias será 4 luminarias a lo ancho y 6 luminarias a lo largo, esta distribución se puede apreciar a detalle en el plano 3 indicando que la distancia entre cada luminaria es equidistante y que la distancia entre la luminaria con la pared es la mitad que la distancia entre luminarias.

Por cuestión de estética y para completar las 24 luminarias distribuidas a lo largo y ancho de los laboratorios se le agregará una más a las 23 luminarias obtenidas en los cálculos anteriores, esta luminaria agregada no afectaría la iluminancia

promedio más bien aumentaría la iluminancia logrando un mejor impacto visual, esto se demuestra con el siguiente cálculo:

$$\Phi_{real} = 24 \times 2 \times 2\,500 = 120\,000 \text{ lm}$$
$$E_{prom} = \frac{120\,000 \times 0,8 \times 0,396}{7,15 \times 10} = 531,67 = \text{lux}$$

Como se puede observar la iluminancia promedio aumento de 509,52 lux con 23 luminarias a 531,67 lux con 24 luminarias.

Con las luminarias calculadas se procede a hallar nuevamente el indicador de eficiencia lumínica obteniendo un resultado del 100%

$$\text{Eficiencia lumínica} = \frac{160}{160} \times 100 = 100\%$$

Esta eficiencia es del 100% gracias a la cantidad necesaria de luminarias en los laboratorios obteniendo un valor de iluminancia promedio de 531,67 lux logrando ser mayor que los 500 luxes establecidos por la norma.

3.2.2 Diseño del sistema acústico

Otro de los problemas en los laboratorios es el exceso de ruido ya sea de distintas maneras y los estudiantes lo precisaron en las encuestas, seleccionando la principal causa el ruido causado en el exterior ya sea de fuera de la universidad como dentro de la misma fuera del laboratorio en los pasillos, teniendo los niveles de decibeles fuera del límite máximo permitido.

Primero se calculará el nivel de presión sonora (NPS) por cada zona de medición con los resultados obtenidos en la tabla 7 de la parte del diagnóstico, para este cálculo se utiliza la fórmula del logaritmo usando las cuatro mediciones obtenidas en cada zona, puesto que para la unidad de los decibeles no se puede utilizar el promedio:

Diseño y Evaluación de Proyectos

Zona de A

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{68,4}{10}} + 10^{\frac{53,8}{10}} + 10^{\frac{52,5}{10}} + 10^{\frac{61,1}{10}} \right)$$
$$NPS = 69,36 \text{ dB}$$

Zona de B

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{50,9}{10}} + 10^{\frac{71,1}{10}} + 10^{\frac{68,9}{10}} + 10^{\frac{49,8}{10}} \right)$$
$$NPS = 73,19 \text{ dB}$$

Zona de C

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{57,8}{10}} + 10^{\frac{61,1}{10}} + 10^{\frac{54,7}{10}} + 10^{\frac{67,4}{10}} \right)$$
$$NPS = 68,85 \text{ dB}$$

Zona de D

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{53,8}{10}} + 10^{\frac{62,6}{10}} + 10^{\frac{58,7}{10}} + 10^{\frac{52,3}{10}} \right)$$
$$NPS = 64,73 \text{ dB}$$

Zona de E

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{62}{10}} + 10^{\frac{56,7}{10}} + 10^{\frac{70,5}{10}} + 10^{\frac{69,6}{10}} \right)$$

$$NPS = 73,5 \text{ dB}$$

Zona de F

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{70,9}{10}} + 10^{\frac{64}{10}} + 10^{\frac{59,8}{10}} + 10^{\frac{62,2}{10}} \right)$$

$$NPS = 72,41 \text{ dB}$$

Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (B)

Zona de A

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{53,9}{10}} + 10^{\frac{65,1}{10}} + 10^{\frac{52,9}{10}} + 10^{\frac{62,4}{10}} \right)$$

$$NPS = 67,34 \text{ dB}$$

Zona de B

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{66,3}{10}} + 10^{\frac{57,3}{10}} + 10^{\frac{66,9}{10}} + 10^{\frac{51,6}{10}} \right)$$

$$NPS = 69,93 \text{ dB}$$

Zona de C

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{54,2}{10}} + 10^{\frac{48,2}{10}} + 10^{\frac{68,2}{10}} + 10^{\frac{56,7}{10}} \right)$$

$$NPS = 68,7 \text{ dB}$$

Zona de D

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{64,7}{10}} + 10^{\frac{56,4}{10}} + 10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{62,3}{10}} \right)$$

$$NPS = 90,88 \text{ dB}$$

Zona de E

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{63,9}{10}} + 10^{\frac{67,6}{10}} + 10^{\frac{48,3}{10}} + 10^{\frac{66,6}{10}} \right)$$

$$NPS = 71,09 \text{ dB}$$

Zona de F

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{68,1}{10}} + 10^{\frac{56,8}{10}} + 10^{\frac{56,9}{10}} + 10^{\frac{54,4}{10}} \right)$$

$$NPS = 68,87 \text{ dB}$$

Estadística y Probabilidades

Zona de A

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{47,3}{10}} + 10^{\frac{47,9}{10}} + 10^{\frac{47,4}{10}} + 10^{\frac{51,8}{10}} \right)$$
$$NPS = 55,07 \text{ dB}$$

Zona de B

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{57,1}{10}} + 10^{\frac{68,8}{10}} + 10^{\frac{69,9}{10}} + 10^{\frac{61,6}{10}} \right)$$
$$NPS = 72,86 \text{ dB}$$

Zona de C

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{55,8}{10}} + 10^{\frac{57,3}{10}} + 10^{\frac{62,8}{10}} + 10^{\frac{67,1}{10}} \right)$$
$$NPS = 69 \text{ dB}$$

Zona de D

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{54,8}{10}} + 10^{\frac{67,7}{10}} + 10^{\frac{48,2}{10}} + 10^{\frac{68,9}{10}} \right)$$
$$NPS = 71,47 \text{ dB}$$

Zona de E

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{67,4}{10}} + 10^{\frac{48,1}{10}} + 10^{\frac{47,5}{10}} + 10^{\frac{61,1}{10}} \right)$$

$$NPS = 68,39 \text{ dB}$$

Zona de F

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{50,1}{10}} + 10^{\frac{54,8}{10}} + 10^{\frac{62,1}{10}} + 10^{\frac{55,3}{10}} \right)$$

$$NPS = 63,74 \text{ dB}$$

Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (A)

Zona de A

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{58,5}{10}} + 10^{\frac{51,2}{10}} + 10^{\frac{48}{10}} + 10^{\frac{53,9}{10}} \right)$$

$$NPS = 60,6 \text{ dB}$$

Zona de B

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{50,8}{10}} + 10^{\frac{57,9}{10}} + 10^{\frac{59,8}{10}} + 10^{\frac{51,1}{10}} \right)$$

$$NPS = 62,6 \text{ dB}$$

Zona de C

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{52,5}{10}} + 10^{\frac{66,2}{10}} + 10^{\frac{58,8}{10}} + 10^{\frac{69,3}{10}} \right)$$

$$NPS = 71,34 \text{ dB}$$

Zona de D

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{69,9}{10}} + 10^{\frac{49}{10}} + 10^{\frac{71,3}{10}} + 10^{\frac{53,7}{10}} \right)$$

$$NPS = 73,72 \text{ dB}$$

Zona de E

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{59,9}{10}} + 10^{\frac{70,1}{10}} + 10^{\frac{60,3}{10}} + 10^{\frac{70,5}{10}} \right)$$

$$NPS = 73,71 \text{ dB}$$

Zona de F

Cálculo de NPS

$$NPS = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{56,7}{10}} + 10^{\frac{70,1}{10}} + 10^{\frac{68,5}{10}} + 10^{\frac{55,6}{10}} \right)$$

$$NPS = 72,59 \text{ dB}$$

Los NPS obtenidos de cada zona en las diferentes clases se demuestran en esta tabla resumen calculando también el NPS promedio de cada clase:

Tabla 42. Resumen de los cálculos de NPS

Clase	Posiciones de medición						Promedio
	A	B	C	D	E	F	
Diseño y Evaluación de Proyectos	68,4	50,9	57,8	53,8	62	70,9	
	53,8	71,1	61,1	62,6	56,7	64	
	52,5	68,9	54,7	58,7	70,5	59,8	
	61,1	49,8	67,4	52,3	69,6	62,2	
NPS	69,36	73,19	68,85	64,73	73,50	72,41	70,34
Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (B)	53,9	66,3	54,2	64,7	63,9	68,1	
	65,1	57,3	48,2	56,4	67,6	56,8	
	52,9	66,9	68,2	47	48,3	56,9	
	62,4	51,6	56,7	62,3	66,6	54,4	
NPS	67,34	69,93	68,69	67,11	71,09	68,87	68,84
Estadística y Probabilidades	47,3	57,1	55,8	54,8	67,4	50,1	
	47,9	68,8	57,3	67,7	48,1	54,8	
	47,4	69,9	62,8	48,2	47,5	62,1	
	51,8	61,6	67,1	68,9	61,1	55,3	
NPS	55,07	72,86	69,00	71,47	68,39	63,74	66,76
Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (A)	58,5	50,8	52,5	69,9	59,9	56,7	
	51,2	57,9	66,2	49	70,1	70,1	
	48	59,8	58,8	71,3	60,3	68,5	
	53,9	51,1	69,3	53,7	70,5	55,6	
NPS	60,60	62,60	71,34	73,72	73,71	72,59	69,09

Por lo cual se buscará la mejor manera de solucionar este problema evaluando distintas soluciones:

- a) Doble ventana: Método por el cual se coloca un nuevo recubrimiento de una ventana en el interior o exterior de la ventana que ya existe. La doble ventana la conforman dos ventanas sin depender la una de la otra, donde cada una tendrá su propio marco y bastidor. En caso de haber un cambio se puede colocar como se ha observado sin ninguna distinción la necesidad de tener un tipo específico de ventana. A su vez es un sistema muy eficiente con el que se lograría el aislamiento del lugar, sin embargo, no es la mejor opción de solución.

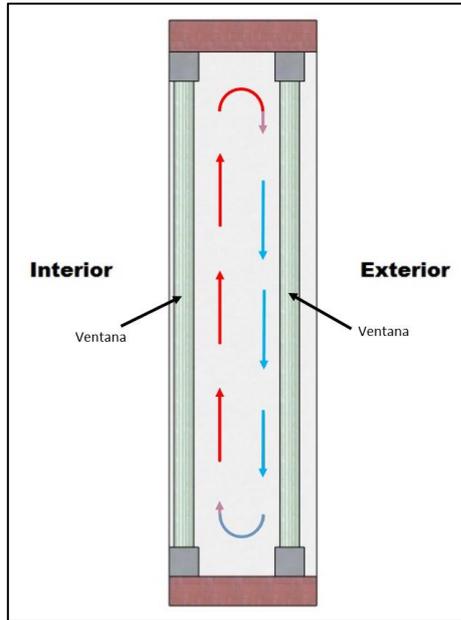


Figura 31. Sistema de doble ventana

Fuente: Ventanas y proyectos

- b) Doble acristalamiento: Método compuesto por dos o más hojas de cristal las cuales están separadas por una cámara de aire deshidratado o gas, ofreciendo un aislamiento acústico mejor que otros sistemas. El número de hojas que tenga el doble acristalamiento no es lo único que influye, sino que el espesor de la cámara de aire también influye.

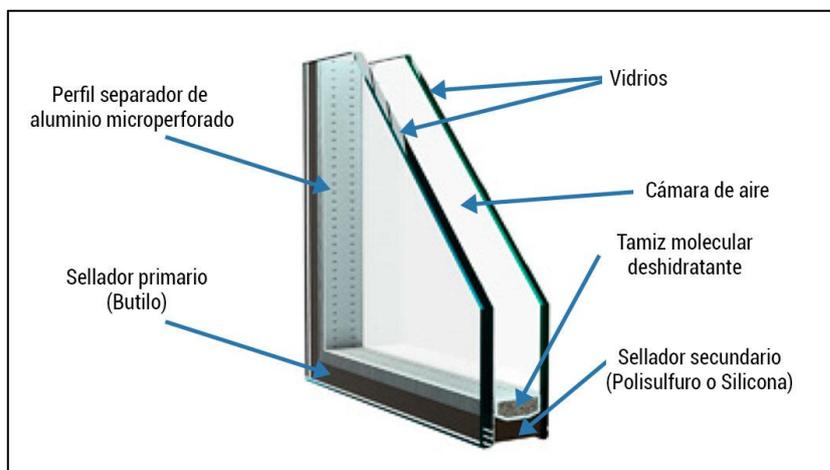


Figura 32. Sistema de doble acristalamiento

Fuente: Ventanas Térmicas del Sur

Las ventanas utilizadas para esta propuesta quedarán de la siguiente manera:

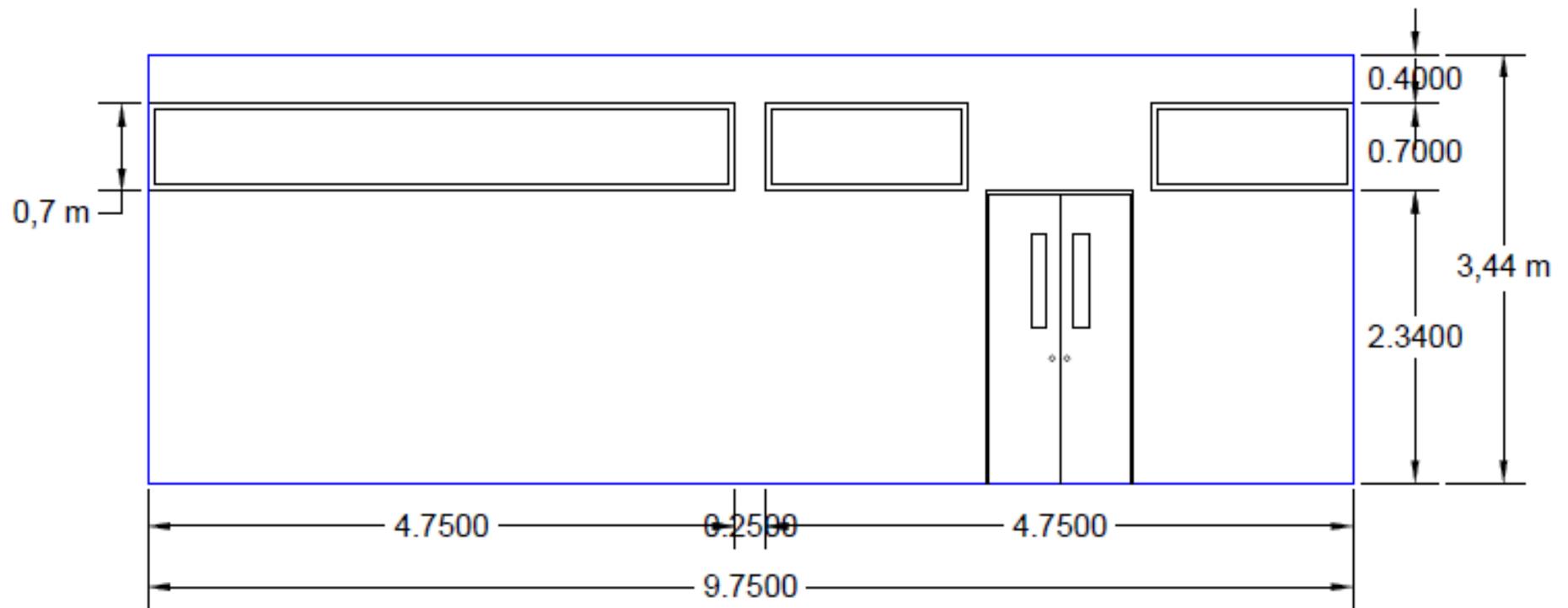


Figura 33. Diseño de las ventanas del pasillo con doble acristalamiento

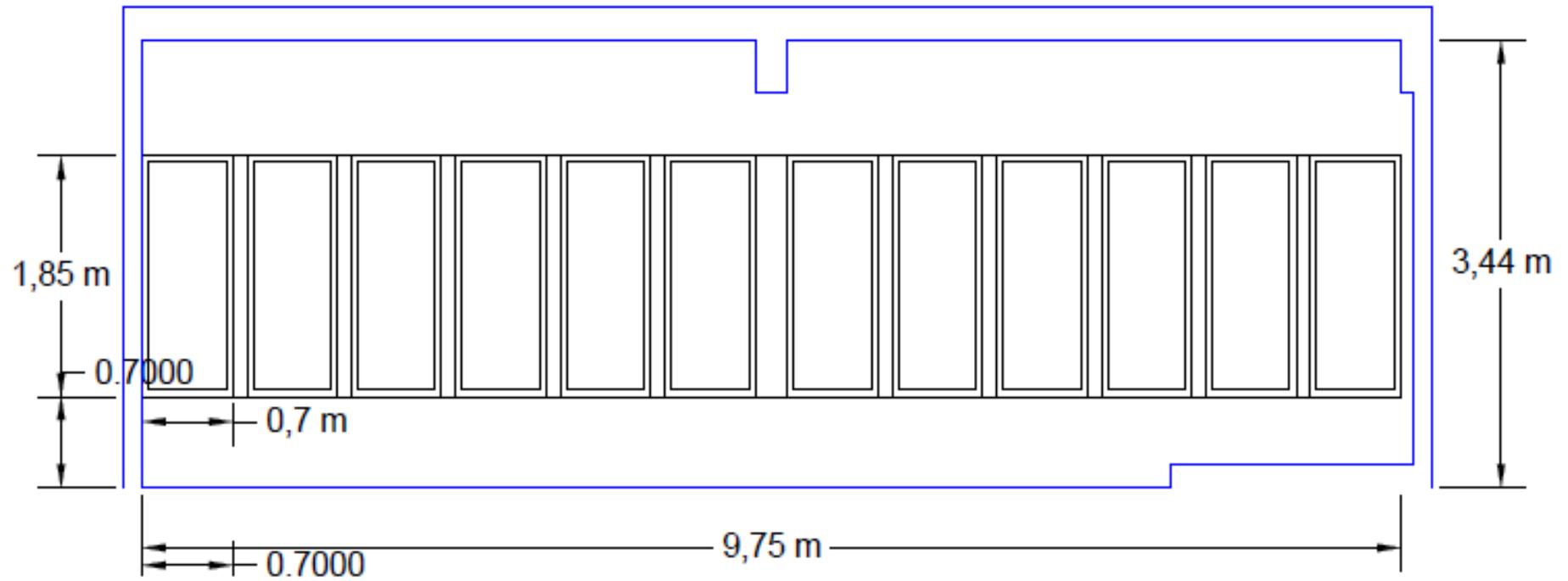


Figura 34. Diseño de las ventanas posteriores con doble acristalamiento

3.2.2.1 Criterios para selección de aislante sonoro

Tabla 43. Criterios para selección de aislante sonoro

Criterios	
Espacio	Una doble ventana y un doble acristalamiento no tienen el mismo espacio. Cuando es doble ventana el espacio que cubre es todo el cerramiento de la fachada, mientras que en el doble acristalamiento no pasa eso
Condiciones de cerramiento	Hay diferentes factores a estudiar para escoger de manera adecuada, como por ejemplo la situación geográfica, condiciones climatológicas de la zona, la orientación, el tipo de cerramiento
Calidad de carpintería	Se tiene que apostar a la calidad de material, permeabilidad al aire, resistencia, etc. Mientras se tenga más mejor será la calidad de la ventana.
Calidad de vidrio	El tipo, espesor, espesor de la cámara determinará la calidad final de la ventana.
Espesor de cámara	En el caso de elegir una doble ventana nuestro ahorro se verá incrementado de manera proporcional a la anchura de la cámara que dejemos entre ambas ventanas. Cuanto mayor es esta anchura, mayor será nuestro aislamiento, por tanto, más aumenta la calidad de la instalación de la doble ventana

Según la norma E.040: Vidrio, en el artículo 7: el aislamiento acústico indica “con el fin de crear el entorno acústico deseable considerando las propiedades de reducción acústica de los distintos materiales como parte integral del diseño total del espacio. Por lo tanto, el mejor método es el de doble acristalamiento con el tipo de 4-12-4 que consta de 2 ventanas de 4 mm de espesor y entre ellas una cámara de gas con 12 mm de espesor, este doble acristalamiento posee un nivel de reducción de ruido (NRR) de 28 dB. Los vidrios utilizados serán vidrios con tratamiento acústico y para la cámara de aire se usará un gas inerte, es decir no reacciona, por lo cual uno de los gases más recomendados por diversas tiendas a nivel mundial es el Argón debido a que es un gas natural e inerte, teniendo la facilidad de encontrarlo en la naturaleza.

Ya con la medida de reducción de ruido se calcula el nivel de ruido atenuado (NRA), que es la diferencia entre el nivel de presión sonora obtenido anteriormente y el nivel de reducción de ruido proporcionado por el aislante acústico en este caso el vidrio con doble acristalamiento, para comprobar si con este método se reduce a la cantidad de decibeles permitidos se realizará bajo la normativa EPA (Agencia de Protección Ambiental).

Diseño y Evaluación de Proyectos

Cálculo del Nivel de Ruido atenuado (NRA)

$$NRA = 70,34 - 28$$

$$NRA = 42,34 \text{ dB}$$

Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (B)

Cálculo del Nivel de Ruido atenuado (NRA)

$$NRA = 68,84 - 28$$

$$NRA = 40,84 \text{ dB}$$

Estadística y Probabilidades

Cálculo del Nivel de Ruido atenuado (NRA)

$$NRA = 66,76 - 28$$

$$NRA = 38,76 \text{ dB}$$

Herramientas y Control Estadístico de la Calidad (A)

Cálculo del Nivel de Ruido atenuado (NRA)

$$NRA = 69,09 - 28$$

$$NRA = 41,09 \text{ dB}$$

Con los NRA obtenidos comparamos con el límite máximo permitido de ruido según la Norma Técnica de Infraestructura Educativa elaborada por el Ministerio de Educación la cual tiene que ser menor o igual a 45 dB por lo que todos los resultados cumplen con este parámetro demostrando que el aislante sonoro es el óptimo. Por ello se calcula nuevamente el indicador de eficiencia acústica obteniendo un 100%

$$\text{Eficiencia acústica en los lab.} = \frac{4}{4} \times 100 = 100\%$$

3.2.3 Diseño para mejorar posturas ergonómicas

Un problema de gravedad son las posturas adoptadas por los estudiantes durante la sesión de clase, esto es debido por la parte inmobiliaria que se usa en los laboratorios con respecto a las sillas y mesas, debido a que no cuentan con las medidas adecuadas y las condiciones adecuadas para que los estudiantes no tengan incomodidad y no presenten molestias durante la sesión de clase; otra causa también es el mal diseño del laboratorio con respecto a la distribución del inmobiliario. Esto se ve reflejado en las encuestas donde se preguntó por las principales molestias en las distintas partes del cuerpo que presentan los estudiantes durante la sesión de clase a lo que la gran mayoría respondió que son en primer lugar la espalda, seguido por los glúteos y el cuello. Para mejorar este problema se propone utilizar un inmobiliario adecuado empezando por las sillas que cuentan con medidas y condiciones ergonómicas adecuadas para que así el estudiante no presente molestias durante la sesión de clase y hasta se podría prevenir lesiones a la columna como la lumbalgia, luego se propondrá mesas de trabajo para que el estudiante tenga libertad de movimiento en su espacio de trabajo y finalmente se propone realizar un diseño con la distribución de todo el inmobiliario de manera adecuada.

3.2.3.1 Diseño del mobiliario

a) Sillas

Las sillas son un factor clave en este diseño de mobiliario debido a que la mayoría de problemas con las molestias en las partes del cuerpo como en la espalda o glúteos van exclusivamente ligados con las sillas, es por ello que se buscará sillas con mediciones y condiciones ergonómicas para evitar molestias y problemas a futuro. Es por ello que las sillas deben contar con ciertas características siendo estas:

- Tener altura regulable.
- Que el respaldo tenga una ligera inclinación o se pueda regular con respecto a la inclinación para poder variar con las posturas.
- Contar con una base de apoyo que tenga buena estabilidad y con ruedas.
- El material del revestimiento del asiento debe estar cubierto por un cierto tejido especial que sea flexible y transpirable con acolchamiento entre 15 o 20 mm de espesor.
- El asiento debe estar correctamente acolchado, para así evitar molestias en los glúteos y a la vez presión en la zona sacro poplítea lo que ocasionaría la disminución del riego sanguíneo a las piernas.
- Contar con apoyabrazos y reposapiés.

Para el diseño de la silla se tomará en cuenta como recomendaciones mínimas las siguientes dimensiones:



Figura 35. Recomendaciones mínimas dimensionales para una silla ergonómica

Fuente: Diseño de un aula informática

Con referencia a las recomendaciones mínimas dimensionales establecidas en el documento “Diseño de un aula informática” elaborado por la universidad politécnica de Cataluña indica que la silla debe tener las siguientes medidas:

Tabla 44. Dimensiones de las sillas propuestas para los laboratorios

Dimensión	Medida
Ancho del respaldar	60 cm
Largo del respaldar	50 cm
Ancho del asiento	58 cm
Largo del asiento	50 cm
Altura	100 cm
Medidas del apoyabrazos	20 cm
Altura regulable	Sí
Ruedas	Sí

Para el diseño de la silla, se buscará un proveedor venda las sillas con esas dimensiones o cercanas a ellas, pero que no sean por debajo de las medidas de referencia.

b) Mesas

La libertad de movimiento en la zona de trabajo es un aspecto fundamental es por ello que las mesas tienen que tener unas medidas requeridas para poder tener esa libertad de movimiento en este caso para las clases en el laboratorio de cómputo, las medidas óptimas, según el mismo documento utilizado para las dimensiones de la silla “Diseño de un aula informática”, se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 45. Especificaciones óptimas de las mesas

Característica	Mínimo	Óptimo
Largo	1 000 mm	1 500 mm
Ancho	800 mm	900 mm
Espacio bajo la mesa	700x700x700 mm	
Espacio entre muslo y la mesa	70 mm	
Altura	700 mm	

Fuente: Diseño de un aula informática

Con referencia a las medidas mínimas que debe tener la mesa para el laboratorio se establecerán las medidas a usar:

Tabla 46. Dimensiones de las mesas propuestas para los laboratorios

Dimensión	Medida
Largo	1 000 mm
Ancho	800 mm
Altura	750 mm
Espacio bajo la mesa	750 x 750 x 750 mm

Para el diseño de las mesas se buscará a un proveedor que realice servicios de fabricación de muebles de este tipo.

3.2.3.2 Diseño del puesto de trabajo

Una vez con las medidas de las sillas y mesas ya definidas se realiza el diseño del puesto de trabajo, realizando un renderizado en el programa SolidWorks



Figura 36. Render del puesto de trabajo del laboratorio

3.2.3.2 Diseño de la nueva distribución del laboratorio

Para la nueva distribución del laboratorio se cambiará la posición del mobiliario de la forma en que el estudiante pueda atender la clase de manera frontal a la pizarra y el écran y no de manera lateral como actualmente se encuentra.

De modo que se presenta el plano 4, en el cual se demuestra la distribución a nivel de áreas establecidas por el Reglamento de Edificaciones para uso de Universidades, en donde indica que para los laboratorios de cómputo el espacio requerido por carpeta y alumno es de 1,5 metros cuadrados y a la vez se indica la distribución en el área establecida del mobiliario con sus respectivas medidas y de manera frontal a la pizarra. También se puede observar en anexos el render de la propuesta del laboratorio con toda la implementación y en diferentes vistas. Para esta distribución no se tomó en cuenta el

método de Guerchet debido a que este método se usa más para distribuciones de planta y en áreas con más espacio, además el reglamento de edificaciones ya nos da el nivel de áreas establecidas y fue más conveniente distribuir el inmobiliario por áreas correspondientes.

3.2.3.4 Evaluación del riesgo de la propuesta mejora el método REBA

Para la evaluación del riesgo de la propuesta con la metodología REBA se utilizará las medidas propuestas de sillas y mesas indicadas en los puntos anteriores, asimismo también se recomendará el uso de pausas activas como medida de control administrativo, esto más que todo para evitar fatigas en el cuerpo.

Grupo A

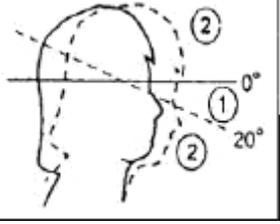
Cuello: 1

El cuello presenta una nueva puntuación de 1 gracias a la mejora ya que el estudiante presenta una postura erguida con un ángulo de 0°



Figura 37. Nueva postura del cuello adoptada con la propuesta

Tabla 47. Puntuación REBA: cuello

Posición	Puntuación	Corrección	
0° - 20° flexión	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral	
>20° flexión o extensión	2		

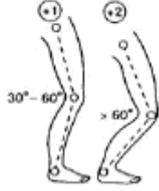
Piernas: 3

Las piernas presentan una puntuación de 3 el estudiante si cuenta con soporte bilateral, obteniendo una puntuación de 1 y a la vez se le añade +2 debido a que presenta una flexión en las rodillas entre mayor a 60 grados.



Figura 38. Nueva postura de las piernas adoptada con la propuesta

Tabla 48. Puntuación REBA: piernas

Posición	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1		
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30° - 60° Añadir +2 si las rodillas están flexionadas >60°	

Tronco: 1

El tronco presenta una nueva puntuación de 1 ya que el estudiante se encuentra con una postura erguida.



Figura 39. Nueva postura del tronco adoptada con la propuesta

Tabla 49. Puntuación REBA: tronco

Posición	Puntuación	Corrección
Erguido	1	Añadir +1 si hay torsión o inclinación lateral
Extensión 0° - 20° Flexión 0° - 20°	2	
Extensión >20° Flexión 45° - 90°	3	
Flexión >60°	4	

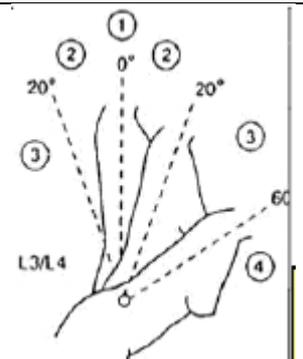


Tabla de correlación del grupo A

El nuevo puntaje parcial del grupo A fue de 3 según la tabla de correlación con los puntajes obtenidos.

Tabla 50. Puntuación REBA: Correlación grupo A

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Carga/Fuerza: 0

Al igual como en la primera evaluación la puntuación por carga o fuerza es 0.

Tabla 51. Puntuación REBA: cargas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 5 kg.	0
Carga entre 5 a 10 kg.	+1
Carga superior a 10 kg	+3
Instauración rápida o brusca	+3

Puntuación final Grupo A

La nueva puntuación final del grupo A es de 3

Tabla 52. Puntuación final grupo A

GRUPO A	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo A	3
Carga o Fuerza	0
TOTAL	3

Grupo B

Antebrazos: 1

El antebrazo está flexionado a 94° obteniendo una nueva puntuación de 1.

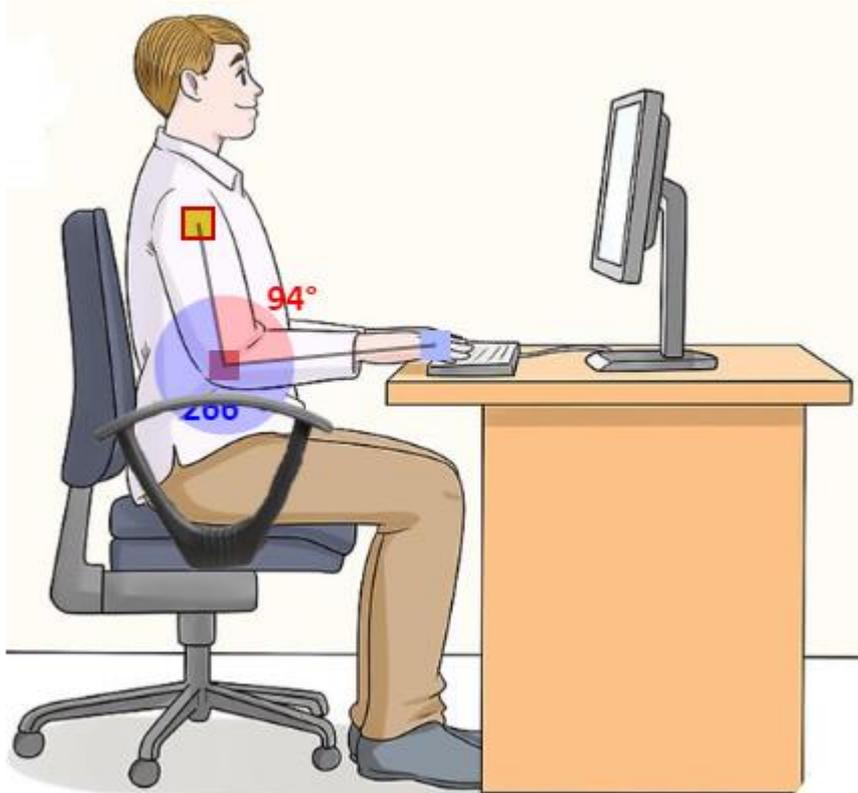


Figura 40. Nueva postura del antebrazo adoptada con la propuesta

Tabla 53. Puntuación REBA: antebrazo

Posición	Puntuación	
60° - 100° flexión	1	
>15° flexión/extensión	2	

Muñecas: 1

Las muñecas presentan una nueva puntuación de 1 debido a que presenta una flexión entre 0° y 15°.



Figura 41. Nueva postura de las muñecas adoptada con la propuesta

Tabla 54. Puntuación REBA: muñecas

Posición	Puntuación	Corrección	
0° - 15° extensión/flexión	1	Añadir +1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/extensión	2		

Brazos: 1

Los brazos presentan una puntuación de 2 ya que tiene un ángulo de flexión de 45° y se encuentra entre 20° y 45°, no se le añade puntuación porque no presenta abducción o elevación de hombros, pero si se le disminuye porque la nueva silla propuesta si cuenta con apoyabrazos. Obteniendo así una puntuación de 1



Figura 42. Nueva postura del brazo adoptada con la propuesta

Tabla 55. Puntuación REBA: brazo

Posición	Puntuación	Corrección	
0 - 20° extensión/flexión	1	Añadir <ul style="list-style-type: none"> +1 si hay abducción o rotación +1 si hay elevación de hombro -1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad 	
Extensión >20° Flexión 20° - 45°	2		
Flexión 45° - 90°	3		
Flexión >90°	4		

Tabla de correlación grupo B

El nuevo puntaje parcial del grupo B fue de 1 según la tabla de correlación con los puntajes obtenidos.

Tabla 56. Puntuación REBA: Correlación grupo B

Antebrazo						
1				2		
Muñeca				Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Agarre: 0

Al igual como en la primera evaluación la puntuación por agarre es 0.

Tabla 57. Puntuación REBA: agarre

Agarre	Puntuación	Descripción
Bueno	0	Buen agarre y fuerza de agarre
Regular	1	Agarre aceptable
Malo	2	Agarre posible pero no aceptable
Inaceptable	3	Incómodo, sin agarre manual inaceptable usando otras partes del cuerpo

Puntuación final Grupo B

La nueva puntuación final del grupo B es de 1

Tabla 58. Puntuación final grupo B

GRUPO B	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo B	1
Carga o Fuerza	0
TOTAL	1

Tabla de correlación puntuación final C

Al obtener los nuevos puntajes finales se realiza una nueva correlación obteniendo un puntaje parcial de 2 para el grupo C

Tabla 59. Puntuación REBA: Correlación grupo C

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Actividad muscular

El tipo de actividad sigue siendo estática por lo que se añadirá +1 a la nueva puntuación parcial del grupo C

Tabla 60. Puntuación REBA: tipo de actividad

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Cambios de posturas importantes, adoptar posturas inestables	+1

Puntuación final C

Obteniendo una nueva puntuación final del grupo C de 3 debido a que se añade +1 por el tipo de actividad

Tabla 61. Puntuación final grupo C

GRUPO C	
Parte	Puntuación
Puntuación Grupo C	2
Tipo de actividad	+1
TOTAL	3

Resultado de la metodología REBA

Tabla 62. Resultados de la metodología REBA

Nivel de Riesgo y Acción	
Puntuación final REBA	3
Nivel de acción	1
Nivel de riesgo	Bajo
Actuación	Puede ser necesario la actuación

Como nuevo resultado del análisis de posturas con el inmobiliario y la distribución ya implementada, el nivel de acción es 1 con nivel de riesgo bajo y puede ser necesario la

actuación para ese puesto de trabajo, por lo tanto si se compara estos resultados con los anteriores se nota una gran mejora en cuanto al nivel de riesgo en los laboratorios.

Una vez con la propuesta ya realizada se procede a elaborar la tabla de comparación de los indicadores actuales con los indicadores que se quiere lograr con la propuesta:

Tabla 63. Comparación de indicadores actuales con los indicadores propuestos

Indicadores	Indicadores actuales	Indicadores propuestos
Eficiencia lumínica	0%	100%
Eficiencia acústica	0%	100%
Nivel de acción	3	1
Nivel de riesgo	Alto	Bajo
Actuación	Necesaria la actuación cuanto antes	Puede ser necesaria la actuación

3.3 Objetivo 3: Costo beneficio de la propuesta

Una vez definida la propuesta de diseño del sistema ergonómico en base a las variables consideradas: confort lumínico, confort acústico, confort ergonómico se costea realizar el diseño del sistema para los laboratorios. Para obtener el indicador sobre qué tan factible sea económicamente esta propuesta para la universidad, considerando que la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo es una empresa sin fines de lucro, se propone realizar un análisis costo – beneficio, en dónde se va a relacionar el costo de no hacer los cambios y el pago de las sanciones por no los incumplimientos de indicadores de calidad del modelo elaborado por SUNEDU y el costo de la instalación de la propuesta.

- Costeo de compra de sillas

Para la selección de las sillas para los laboratorios se escogió entre tres tipos diferentes de sillas escogidas del catálogo en internet de las tiendas SODIMAC Y PROMART

Tabla 64. Sillas escogidas para la propuesta

Silla Operat Ixtapa Negra (SODIMAC)	Silla giratoria Nueva Ginebra (PROMART)	Silla giratoria Nueva Viena (PROMART)
		

De las tres sillas se escogerá la Silla Operat Ixtapa Negra de la tienda de SODIMAC debido a que presenta la mayor cantidad de especificaciones técnicas que debe tener una silla ergonómica en comparación que las otras dos sillas cumpliendo con las medidas mínimas requeridas.

El precio de la silla que se ha escogido se encuentra en el anexo 8 y se realiza el presupuesto a necesitar por todas las sillas requeridas en los laboratorios.

Tabla 65. Presupuesto para la compra de sillas

Descripción del producto	Cantidad	Precio unitario	Importe total
Silla Operat Ixtapa Negra	100	S/. 159,90	S/. 15 990
TOTAL			S/. 15 990

- Costeo de compra de mesas

Para costear las mesas requeridas para el sistema ergonómico se cotizó a través de dos proveedores mostrados en la tabla 40

Tabla 66. Proveedores de mesas requeridas para el sistema

Proveedor	Costo
Grupo Leoncito	S/. 450
Divino Maestro	S/. 400

Las cotizaciones de ambos proveedores (ver anexo 4 y 5) incluyen garantía, costo de instalación y también el IGV, pero la decisión final se toma por cuestiones económicas procediendo a elegir al proveedor Divino Maestro teniendo un costo de mesas expresado en la siguiente tabla:

Tabla 67. Presupuesto para la compra de mesas

Descripción del producto	Cantidad	Precio Unitario	Importe total
MUEBLE ESCRITORIO LINEAL DE MELAMINE DE 18MM COLOR CEREZO AMERICANO CON PORTA CPU Y PORTA ESTABILIZADOR MEDIDAS: 1.00 X 0.75 X 0.80	100	S/. 400	S/. 40 000
TOTAL		S/. 400	S/. 40 000

El costo total de la compra y la instalación de las mesas para las computadoras será de S/. 40 000 nuevos soles, la misma empresa con las condiciones ya especificadas en la cotización se encargará de la instalación de estos muebles.

- Costeo de compra de luminarias y lámparas

Para obtener la iluminación requerida que son 500 luxes, las luminarias a instalar son OFFISIMPLE y las lámparas son tubos MASTER LEDTUBE ambas de la marca Philips. Lo cual se instalarán 24 luminarias por laboratorio siendo un total de 96 luminarias requeridas y 2 tubos MASTER LEDTUBE por luminaria lo que hacen un total de 192 tubos para los 4 laboratorios.

La cotización de las luminarias y lámparas fue realizada por la empresa Promelsa (ver anexo 6) lo cual indica el precio en dólares por lo que se usará una tasa de cambio de 3,5.

Tabla 68. Presupuesto para la compra de luminarias y lámparas para los laboratorios

Descripción del producto	Cantidad	Precio unitario	Importe total
Luminaria OFFISIMPLE 219 LED	96	S/. 66,5	S/. 6384
Master LEDtube Universal 1200mm UO 16W840 T8	192	S/. 49,67	S/. 9 536,64
TOTAL SIN IGV			S/. 15 920,64
IGV	18%		S/. 2 865,72
TOTAL			S/. 18 786,36

- Costeo de compra de ventanas con doble acristalamiento:

Para los 4 laboratorios se necesitarán para la parte del pasillo 4 ventanas de 4,75 metros de largo por 0,7 metros ancho de ancho y 8 ventanas de 1,62 metros de largo por 0,7 metros de ancho y para la parte que conecta con el exterior se necesitarán 48 ventanas de 1,85 metros de largo por 0,37 metros de ancho. Las cotizaciones de las ventanas fueron brindadas por la empresa Vidriería “Señor de los Milagros” E.I.R.L y Corporación Yahiro S.A.C. la cuál por motivos de precio se escogió a esta última para el presupuesto de ventanas. (ver anexo 7 y 8)

Tabla 69. Presupuesto para la compra de ventanas con doble acristalamiento

Descripción del producto	Cantidad	Precio unitario	Importe total
Ventana de 4,75 x 0,7 metros doble acristalamiento incoloro de tipo 4/12/4 mm para atenuación de ruido	4	S/. 1 550	S/. 6 200
Ventana de 1,62 x 0,7 metros doble acristalamiento incoloro de tipo 4/12/4 mm para atenuación de ruido	8	S/. 220	S/. 1 760
Ventana de 1,85 x 0,7 metros doble acristalamiento incoloro de tipo 4/12/4 mm para atenuación de ruido	48	S/. 240	S/. 11 520
Instalación		S/. 180	S/. 180
Precios incluyen IGV			
TOTAL			S/. 19 660

Como se observa en la tabla 61 el costo de las ventanas de doble acristalamiento incluido la instalación e IGV es de S/. 38 140.

Una vez costado todo lo necesario para la propuesta de mejora se procede a calcular el costo total de la propuesta del sistema ergonómico para los laboratorios el cual se indicará en la siguiente tabla:

Tabla 70. Costo total de la propuesta del sistema ergonómico para los laboratorios

Mejora	Costo
Sillas	S/. 15 990
Mesas	S/. 40 000
Luminarias y Lámparas	S/. 18 786,36
Ventanas de doble acristalamiento	S/. 19 660
TOTAL	S/.94 436,36

El costo total de la propuesta del sistema ergonómico para los laboratorios es de S/. 91 148,97 cabe resaltar que la propuesta solo se aplicará a los laboratorios del primer piso del edificio antiguo. Para realizar el análisis costo beneficio, se tendrá que centrar en las sanciones que pagaría si es que existe el incumplimiento de las condiciones básicas de los laboratorios que en este caso si se está infringiendo.

El reglamento de infracciones y sanciones de la SUNEDU sirve como medida regulatoria a las medidas preventivas y la potestad sancionadora que posee la Superintendencia. En donde las sanciones que son de carácter permanente al ser impuesta pueden tener como consecuencia la pérdida definitiva de los derechos conferidos al titular de la licencia para el funcionamiento respectivo de la universidad, filial, facultad, escuela o programa de estudios conducente a grado académico o título profesional.

Este reglamento indica tres tipos de sanciones

- Sanción por infracción leve: La sanción impuesta por una falta de carácter leve es de hasta 1% del presupuesto institucional modificado.

- Sanción por infracción grave: Las sanciones impuestas por cometer una falta de carácter grave pueden ser las siguiente:
 - a) Multa de hasta 3% de los ingresos brutos anuales o del presupuesto institucional modificado administrado.

 - b) Suspensión de la licencia de funcionamiento determinado por el Órgano Resolutivo de acuerdo a criterios de proporcionalidad.

- Sanción por infracción muy grave: Las sanciones impuestas por cometer una falta de carácter muy grave pueden ser las siguiente:
 - a) Multa de hasta el 8% de los ingresos brutos anuales o del presupuesto institucional modificado administrado.

b) Cancelación de la licencia de funcionamiento.

El infractor al que se le haya impuesto una sanción ya sea por cualquiera de los tres tipos puede acogerse al beneficio de pronto pago obteniendo una reducción del 25% sobre el monto final a pagar.

Si con posterioridad a que se conceda el beneficio, el infractor interpone un recurso impugnativo en la vía administrativa o una demanda contencioso en la vía judicial, dicho beneficio queda sin efecto.

Para realizar el pago de las multas el infractor tiene un plazo de quince días hábiles y se empezará a contar el día siguiente de la notificación de la resolución.

De todas las infracciones expuestas en el Reglamento de Infracciones y Sanciones de la SUNEDU se adapta a la propuesta la siguiente infracción: La Universidad no mantiene las condiciones básicas de calidad para los laboratorios lo cual es considerado una sanción muy grave.

Tabla 71. Sanciones por incumplimiento de condiciones básicas en los laboratorios

Gravedad de infracción	Organismo sancionador	Multa	Base de cálculo	Importe total
Muy grave	SUNEDU	8% de los ingresos brutos anuales	S/. 70 000 000	S/. 5 600 000
TOTAL				S/. 5 600 000

La tabla 65 nos muestra lo que tendría que pagar la universidad por el incumplimiento de las condiciones básicas en los laboratorios, por parte del reglamento de infracciones de la SUNEDU se está cometiendo una falta muy grave por lo cual se tendrá que pagar un monto de S/. 5 600 000 que es el 8% de los ingresos brutos anuales de la universidad siendo este monto de un aproximado de S/. 70 000 000

Con el costo total de la propuesta del sistema ergonómico y el costo total de las sanciones a pagar se realiza el análisis costo beneficio:

Tabla 72. Análisis costo - beneficio del proyecto

Análisis costo – beneficio	
Costo de la propuesta	S/. 94 436,36
Multas	S/. 5 600 000
Costo – beneficio	S/. 59,30

El realizar este proyecto tiene un gran beneficio para la universidad ya que por cada unidad de inversión se evitará pagar S/. 59,30 por las multas impuestas.

3.4 Evaluación del impacto de la propuesta

- Impacto Social: El impacto social que generaría es que los estudiantes tendrían laboratorios con un buen diseño ergonómico con todas las condiciones básicas de calidad
- Impacto en la Salud: La propuesta genera un gran impacto en la salud, debido a que con la implementación de este sistema se evitará el estrés de los estudiantes, cansancio, fatiga visual, enfermedades músculo – esqueléticas que afecten a la columna vertebral entre otros.
- Impacto legal: El impacto legal generado por la propuesta está relacionado con la multa que se evitaría por incumplir una condición básica de calidad según el reglamento de infracciones y sanciones de la SUNEDU.
- Impacto en la seguridad: La seguridad es el tema principal de esta propuesta por lo que sí tendría un gran impacto con respecto a la seguridad, realizando un ambiente seguro para los estudiantes y así evitando los diferentes riesgos a los que pueden estar expuestos.

- Impacto ambiental: El impacto ambiental generado por la propuesta es básicamente las condiciones ergonómicas ambiental que en este caso es el ruido y la iluminación que se mejoraron hasta estar bajo los límites permitidos por sus respectivas normas
- Impacto económico: La propuesta también genera un gran impacto económico ya que el costo – beneficio es muy rentable debido que por cada unidad de inversión se evitaría en pagar S/. 59,30 por las multas impuestas.

IV. CONCLUSIONES

1. Mediante un diagnóstico se evaluó las condiciones de confort ergonómico a las que están expuestos los estudiantes de los laboratorios de la universidad, obteniéndose que para el confort lumínico una eficiencia de 0% para el confort acústico se tuvo una eficiencia acústica de 0% y con respecto al confort ergonómico se aplicó una metodología de evaluación ergonómica escogiendo entre diferentes metodologías mediante una matriz de confrontación, se utilizó la metodología REBA la cual dio como resultado una puntuación de 9 con un nivel 3 teniendo riesgo alto y es necesaria la actuación cuanto antes, a través de este análisis también se identificó que las consecuencias de las malas posturas de los estudiantes son causadas debido a que el mobiliario como las sillas y mesas es el inadecuado y que el laboratorio está distribuido de manera inadecuada.
2. Al realizar la propuesta del sistema ergonómico se determinó una mejora con respecto a los confortos, para el confort lumínico se obtuvo una mejora en la eficiencia del 100%, lo mismo para el confort acústico se obtuvo una eficiencia del 100%, y para el confort ergonómico se propone un cambio de sillas y mesas con medidas mínimas requeridas para evitar malas posturas así como también el diseño del laboratorio, es así como se evalúa el diseño del nuevo puesto de trabajo con la metodología REBA para ver si se ha disminuido obteniendo como resultado una puntuación de 3 con un nivel 1 teniendo riesgo bajo y es poder ser necesaria la actuación.
3. Para el análisis económico mediante el análisis costo – beneficio, teniendo en cuenta el costo de la implementación de la propuesta y el monto de las multas que se pagaría por no cumplir con las condiciones básicas de calidad en los laboratorios según el reglamento de infracciones de la SUNEDU. Teniendo la propuesta un costo de S/. 94 436,36 y las multas que tendría que pagar son S/. 5 600 000 teniendo que por cada unidad de inversión la universidad ahorraría S/. 59,30 en pagar las multas siendo un resultado conveniente económicamente para la universidad.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para futuras investigaciones identificar otros tipos de peligros presentes en los laboratorios como temperaturas extremas, radiaciones, vibraciones entre otros.
- Involucrar a los estudiantes a tomar conciencia acerca de la ergonomía y la importancia que tiene para evitar cualquier tipo de riesgo en los laboratorios, así como también informarles acerca de las posturas adecuadas que deben de tener a pesar de ya tener el mobiliario adecuado.
- Se recomienda a las autoridades educativas unos adecuados colores para el techo, las paredes y el piso, debido que eso ayuda a mejorar la visualización en la zona de trabajo, con respecto al mobiliario se puede usar cualquier pero por cuestión de estética se recomienda que combine con los colores del aula.

VI. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] T. Hernández, “La importancia de trabajar con computadoras en un ambiente ergonómico adecuado”, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [En línea]. Disponible en:
<https://www.uaeh.edu.mx/campus/icea/revista/publicacion1.htm>. [Accedido: 15-oct-2018]

- [2] Universidad Politécnica de Cataluña, “Diseño de un aula informática”, España. [En línea]. Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/2991/54684-1.pdf?sequence=1>. [Accedido: 15-oct-2018]

- [3] P. Mondelo, *Ergonomía 1 Fundamentos*, Mutua Universal, España, sep. 1999

- [4] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, “Reglamento Nacional de Edificaciones”, jun. 2006.

- [5] Ministerio de Educación, “Norma Técnica de Infraestructura Educativa”.

- [6] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment)”, España, 2001.

- [7] M. Párraga, “Diseño ergonómico de aulas universitarias que permitan optimizar el confort y reducir la fatiga de estudiantes y docentes”, Tesis grado de magíster, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2014.

- [8] V. Castro, “Propuesta de un programa de seguridad y salud en el trabajo basado en el estudio de riesgos disergonómicos para mejorar la productividad económica de los docentes de la facultad de ingeniería de USAT”, Tesis grado de magíster, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2016.

- [9] L. Honores, M. Martínez, M. Navarrete y K. Ramírez, “Evaluación ergonómica y de accesibilidad con enfoque kinésico de un establecimiento educacional de Enseñanza Media de la Comuna de la Serena”, *Revista Temas de Educación*, vol. 19, no. 2, pp. 125 - 138, 2014.
- [10] A. Radjiyev, H. Qiu, S. Xiong, K. Nam, “Ergonomics and sustainable development in the past two decades (1992–2011): Research trends and how ergonomics can contribute to sustainable development”, *Applied Ergonomics*, 2014.
- [11] A. Piñeda y G. Montes, “Ergonomía Ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos”, *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, vol. 1, no. 2, pp. 55 - 78, 2014.
- [12] Universidad Manuel Beltrán, *Sistema Ergonómico*, Bogotá, Colombia
- [13] J. Llana, *Ergonomía y psicología aplicada: manual para la formación del especialista*, Editorial Lex Nova, España, 2009.
- [14] Ministerio de Educación, “Norma Técnica de Infraestructura Educativa”, 2017.
- [15] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Antropometría”, España, 2001.
- [16] Ergonautas, Métodos de Evaluación Ergonómica, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [En línea] <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html> [Accedido: 23-10-2018]
- [17] Ergonautas, Evaluación postural mediante el método REBA, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [En línea] <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>. [Accedido: 23-10-2018]

VII. ANEXOS

Anexo 1. Autorización para realizar el proyecto

Chiclayo, 11 de Junio de 2019

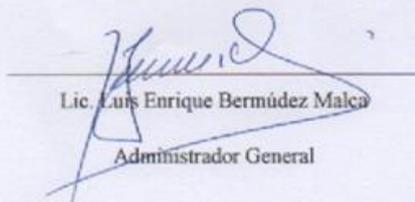
Marco Roberto Yong Bartolini
Presente

De mi más distinguida consideración:

Mediante la presente tengo el honor de dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y al mismo tiempo dar autorización al alumno Marco Roberto Yong Bartolini de la Escuela de Ingeniería Industrial con DNI 71850842 y código universitario 151CV55672 para el uso de las instalaciones de los laboratorios del primer piso del Edificio Antiguo requeridos para su proyecto de investigación

Sin otro particular y en espera de haber atendido a su comunicación, hago propicia la ocasión para expresarle mi mayor consideración y respeto.

Atentamente,



Lic. Luis Enrique Bermúdez Malca

Administrador General

Anexo 2. Encuesta aplicada a los estudiantes

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Escuela de Ingeniería Industrial

CURSO: _____ GRUPO: _____ LABORATORIO: _____

DOCENTE: _____

Con respecto al ruido:

1. ¿Qué fuente de ruido logra percibir durante la sesión de clase?
 - a) Ruido del exterior de la universidad
 - b) Ruido procedente de personas en pasillos
 - c) Ruido de las instalaciones y equipos
2. ¿Le molesta el ruido durante la sesión de clase?
 - a) Si
 - b) No
3. ¿Cuánto dificulta el ruido la concentración durante la sesión de clase?
 - a) Mucho
 - b) Regular
 - c) Nada

Con respecto a la iluminación:

4. ¿Cómo considera el nivel de iluminación en el laboratorio de cómputo durante la sesión de clase?
 - a) Adecuada
 - b) Algo molesta
 - c) Molesta
 - d) Muy Molesta
5. ¿Si usted pudiese regular la iluminación para estar más cómodo prefiere?
 - a) Más luz
 - b) Sin cambio
 - c) Menos luz

Con respecto al confort:

6. ¿Ha experimentado molestia, dolor o discomfort durante las sesiones de clases?
 - a) Sí
 - b) No
7. Si experimentó molestia, dolor o discomfort ¿Ello interfirió con su trabajo?
 - a) No interfiere
 - b) Interfirió Ligeramente
 - c) Interfirió de manera considerable
8. Con qué frecuencia experimentó molestia, dolor o discomfort
 - a) Nunca
 - b) Una vez al día
 - c) Varias veces al día
9. Si los experimenta, en que parte del cuerpo tiene dicha molestia
 - a) Cuello
 - b) Hombros
 - c) Brazos
 - d) Muñecas
 - e) Piernas
 - f) Rodillas
 - g) Pies
 - h) Espalda
 - i) Glúteos

Muchas gracias.

Anexo 3. Validación de la encuesta realizada

Chiclayo, 14 de mayo de 2019

Yo Ing. Joselito Sánchez Pérez mediante la presente se indica que tiene por finalidad determinar la validez de contenido de los instrumentos de recolección de datos a ser aplicados en el estudio denominado **"PROPUESTA DE UN SISTEMA ERGONÓMICO PARA MEJORAR LAS CONDICIONES ERGONÓMICAS DE LOS LABORATORIOS [REDACTED] DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE"**

Todo esto consistirá en la evaluación de la pertinencia de cada una de las preguntas con los objetivos, variables, dimensiones, indicadores, y la redacción de las mismas.

Atentamente,



Ing. Joselito Sánchez Pérez

Anexo 4. Cotización mesas empresa Leoncito



LEONCITO SOCIEDAD ANONIMA

RUC: 20479675971

ventas@grupoleoncito.com.pe

Chiclayo, 15 de Octubre 2019

Sres. [REDACTED]

ASUNTO: Cotización "Módulo Laboratorio de Cómputo"

Por medio de la presente le expresamos nuestro más cordial saludo y a la vez le hacemos llegar la siguiente cotización:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CTD	P.U.	PARCIAL
1	Escritorio en Lineal Med. 1.00 x 0.80 x 0.75 Mts Porta CPU, estabilizador Falda a media altura (37 cm)	UND	1	450.00	450.00

SUB TOTAL	381.36
IGV (18%)	68.64
TOTAL	450.00

DETALLE DE LA COTIZACION	
Moneda:	Soles
Validez de la oferta:	15 días
Garantía:	12 Meses
Tiempo de ejecución obra:	10 Días
Forma de Pago:	30 días
Girar O/C a nombre de:	LEONCITO SOCIEDAD ANONIMA
RUC:	20479675971
Cta. Cte. BCP	305-2129726-0-90

Pedro A. Calderón Zapata
Asesor de Ventas Corporativas
 Huayna Cápac N° 1795 / La Victoria / Chiclayo
Entel: 923441053
ventas@grupoleoncito.com.pe

Huayna Cápac N° 1795 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque / **Fijo:** (074) 215002 / www.grupoleoncito.com

Anexo 7. Cotización vidrios doble acristalamiento empresa "Señor de los Milagros"



COTIZACION 525 -126

CLIENTE : [REDACTED]
 ATENCION : [REDACTED]

CH/02/09/2020

DETALLE	MEDIDA	CANT	PREC-UNIT	PREC-TOTAL
Suministro e Instalación de Cristales Insulados de 4-12-4 la cual estan compuestos de dos cristales de 4mm templados y una camara de Aire de 12 mm . Los cristales seran instalados con perfiles de aluminio para cristales insulados y seran paños fijos.	4.75 x 0.70	1	S/ 3,200.00	S/ 3,200.00
	1.85 x 0.70	1	S/ 1,250.00	S/ 1,250.00
	1.62 x 0.70	1	S/ 1,100.00	S/ 1,100.00
SUB TOTAL				S/ 5,550.00
IGV				S/. 990.00
TOTAL				S/ 6,490.00

TOTAL GENERAL DE OBRA S/. 6,490.00 SOLES

TIEMPO DE ENTREGA
20 DIAS HABILES

INCLUSIONES
El personal contara con su equipo de protección EPPS y su seguro SCTR .

NOTA :
LA CANCELACIÓN DEL TRABAJO ES PAGO CONTRA ENTREGA UNA VEZ REALIZADO EL TRABAJO

 www.vidriosyperfilessm.com
 v_srnilagroseirl@hotmail.com
 VIDRIERIA SEÑOR DE LOS MILAGROS
  (074) – 587549 - 975358706

CAL. ALFONSO UGARTE N° 1035

Anexo 8. Cotización vidrios Corporación Yahiro



Corporación Yahiro S.A.C.

VIDRIOS Y ESPEJOS
PERFILES Y CARPINTERIA DE ALUMINIO
CRISTALES TEMPLADOS
PUERTAS DE DUCHA
DECORACION EN GENERAL

Chiclayo, 1 de Setiembre del 2020

Presupuesto No. 200-2020

Sr.

991379155

Att. Sr. Marco Yong

Por la provisión e instalación de Ventanas con Perfiles de Aluminio S 42 mate y Cristal Insulado 4/12/4 Incoloro , según medidas :

				S/.
V-1	4.75	x	0.70	1,550.00
V-2	1.62	x	0.70	220.00
V-3	1.85	x	0.70	240.00

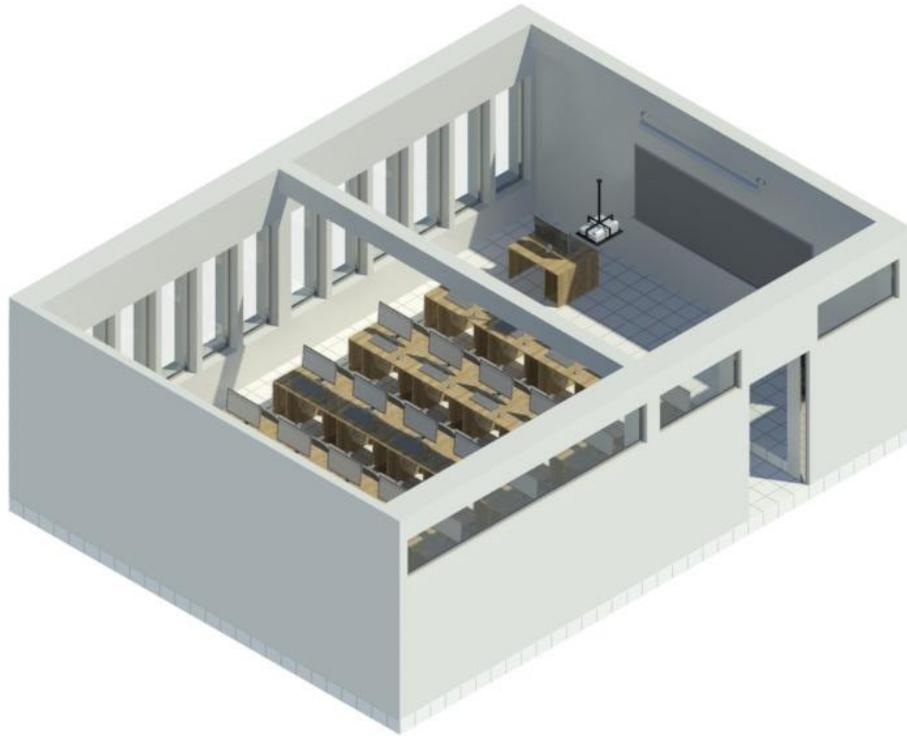
Servicios de instalación 180.00
S/ 2,190.00

Son : Dos mil ciento noventa y 00/100 soles

Condiciones Generales :

- a.- Forma de pago : 60% a la aceptación del cliente y saldo a la entrega de obra.
- b.- Plazo de entrega : 15 días luego de la entrega del adelanto y/o remetrado de vanos.
- c.- Cuentas de abono :
BCP 3052107358051
Scotiabank 000 -5295688
- d.- En caso de modificaciones o adicionales solicitados por el cliente, se cotizarán aparte para ser aprobados y agregados al presupuesto inicial.

Anexo 9. Render Vista Isométrica del laboratorio propuesto



Anexo 10. Render de vista de planta del laboratorio propuesto



Anexo 11. Render del laboratorio propuesto por la mañana



Anexo 12. Render del laboratorio propuesto en la noche

