

*Artículo de Investigación Científica o Tecnológica*

## Medidas de control de los riesgos laborales generados por condiciones ambientales de trabajo y la carga postural

Measures to control occupational risks due to environmental work conditions and postural load

William Villacis<sup>1</sup>, Henry Llumiquinga<sup>2</sup>

Recibido: 4 enero 2021

Aceptado para publicación: 21 septiembre 2021

### Resumen

**Objetivo:** Identificar los factores de riesgo debido a las condiciones ambientales y carga postural presentes en los puestos de trabajo del personal del Observatorio Astronómico de Quito.

**Métodos:** A través de la observación y aplicación de cuestionarios y encuestas a 19 colaboradores, se obtuvo un diagnóstico inicial respecto a problemas con la iluminación y ruido en cada puesto de trabajo. La evaluación se la realizó de manera cualitativa y cuantitativa. Se evaluó la carga postural a todo el personal a través del método RULA, se observaron las tareas que desempeñan cada colaborador y las posturas adoptadas durante su jornada laboral.

**Resultados:** Se determinó que el ruido en el área de máquinas tiene un nivel de ruido equivalente diario de 87,51 dB(A), el cual sobrepasa el límite permisible de 85 dB(A) establecido en el Decreto Ejecutivo 2393. En cuanto a los resultados de iluminación, de las 14 áreas de trabajo analizadas, únicamente 4 áreas cumplen con los niveles de iluminación mínimos establecidos en la norma mexicana NOM-025. Finalmente se proponen medidas como el uso de protectores auditivos, el rediseño del sistema de iluminación, recomendaciones ergonómicas y un plan de mantenimiento.

**Conclusiones:** La observación y la evaluación aplicada al personal del Observatorio Astronómico de Quito permitieron identificar problemas de iluminación deficiente y ruido excesivo en ciertos puestos de trabajo

### Abstract

**Objectives:** To identify the risk factors due to the environmental conditions and postural load present in the jobs of the Quito Astronomical Observatory personnel, in order to propose control measures to reduce the level of present risk in such an installation.

**Methods:** Through the observation and application of questionnaires and surveys to 19 employees, an initial diagnosis was obtained regarding problems with lighting and noise in each job. The evaluation was carried out qualitatively and quantitatively. The postural load of all personnel was evaluated through the RULA method, the tasks performed by each employee and the postures adopted during their working hours were observed.

**Results:** Was determined that the noise in the machinery area has a daily equivalent noise level of 87.51 dB (A), which exceeds the permissible limit of 85 dB (A) established in Executive Decree 2393. Regarding the lighting results, of the 14 work areas analyzed, only 4 areas meet the minimum lighting levels established in the Mexican standard NOM-025. Finally, measures such as the use of hearing protectors, the redesign of the lighting system, ergonomic recommendations and a maintenance plan are proposed.

**Conclusions:** The observation and evaluation applied to the staff of the Quito Astronomical Observatory allowed to identify problems of poor illumination and excessive noise in certain areas of jobs

**Palabras clave:** riesgo, ergonomía, ruido, iluminación, método RULA

**Key words:** risk factor, ergonomics, noise, illumination, RULA method

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Nucleares, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Observatorio Astronómico de Quito, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

**Autor de correspondencia:** Henry Llumiquinga, 170403, Quito, Ecuador, +593998506053. henrypaul90@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

El personal que realiza actividades administrativas está expuesto a diversos factores de riesgo laborales. Los riesgos laborales en el personal administrativo pueden derivar en posibles accidentes y enfermedades profesionales si no se realiza una prevención y control eficaz de los riesgos presentes.<sup>1</sup>

El uso de nuevas tecnologías en el Ecuador ha dado lugar al aumento de afecciones profesionales al sistema óseo-muscular según datos de la Dirección de Riesgo de Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Las estadísticas muestran que en el año 2018 se receptaron un total de 932 avisos de enfermedades profesionales, con Pichincha como la provincia con mayor número de avisos.<sup>2</sup>

Estas enfermedades pueden estar relacionadas con el diseño del lugar de trabajo, condiciones ambientales, malas posturas en áreas operativas y administrativas, principalmente en usuarios de computadoras.

En el país se han realizado trabajos como: “Evaluación de riesgos ergonómicos en puestos de trabajo que utilizan pantallas de visualización de datos aplicando el método PVD del INSHT en el personal de la empresa INTCOMEX del Ecuador S.A. 2017”, en el cual se evalúan 32 puestos de trabajo a través del test “Guía Técnica de la Evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con PVD, Real Decreto 488/1997”. Este método evalúa características de la pantalla, teclado, mesa, silla, espacios de trabajo, iluminación, ruido y temperatura, programas de ordenador y organización del trabajo. En este proyecto se concluye que existe riesgo ergonómico en los trabajadores y se recomienda tomar medidas de control.<sup>3</sup>

La realización del presente proyecto tuvo como propósito conocer la situación actual que prevalece en el personal y en los puestos de

trabajo del Observatorio Astronómico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), respecto a condiciones ambientales de iluminación y ruido, esto con el fin de cumplir con el Art. 55, en el cual se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 dB(A) para ruido continuo durante una jornada de 8 horas de trabajo y con el Art. 56, el cual establece los niveles mínimos de iluminación de acuerdo con la actividad que realiza el trabajador descritos en el Decreto ejecutivo 2393.<sup>4</sup>

Se pretende disminuir el nivel de riesgo mediante la propuesta de medidas de control de riesgos laborales de origen físico y ergonómico, para lo cual se comprobará de manera teórica la eficacia de las medidas propuestas por medio de cálculos, simulaciones y aplicación de métodos que permitirán conocer el nivel de riesgo presente. En este sentido se podría mejorar las condiciones de seguridad y salud ocupacional en el personal del Observatorio Astronómico.

## MÉTODOS

### Identificación de los factores de riesgo de origen físico

La identificación de los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo se realizó por medio de la observación y evaluación objetiva por parte del autor de la investigación en conjunto con el personal del OAQ.

Para identificar los puestos de trabajo con iluminación deficiente se utilizó el cuestionario de evaluación subjetiva de la INSHT, “Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo”,<sup>5</sup> el cual permitió conocer la opinión del personal sobre la iluminación presente en su puesto de trabajo. La encuesta evaluó los siguientes puntos: satisfacción de la iluminación en el puesto de trabajo, problemas de deslumbramientos, brillo, contraste de la tarea y la presencia de molestias en los ojos como picor, fatiga, visión borrosa, entre otros. Con la ayuda del test, se procedió con

		CONSECUENCIA		
		Ligeramente dañino LD	Dañino D	Extremadamente dañino ED
PROBABILIDAD	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Figura 1. Método simplificado de evaluación.<sup>7</sup>

la observación y evaluación general de los puestos de trabajo, se registró información referente al tipo de iluminación, planes de mantenimiento, y características de la iluminación presente.

### Evaluación cualitativa de ruido e iluminación

El “Cuestionario sobre confort acústico”, permitió conocer características de la tarea, fuentes de ruido y equipos o herramientas que generan ruido en los puestos de trabajo.<sup>6</sup> Se realizó una evaluación general de cada uno de los puestos de trabajo por parte del técnico para identificar posibles fuentes de ruido, molestias o perturbaciones en la concentración. Los cuestionarios de evaluación subjetiva de confort auditivo y test de iluminación anteriormente descritos se aplicaron a los 19 colaboradores del OAQ.

Para cada uno de los peligros identificados de iluminación o ruido se estimó el riesgo, para lo cual se utilizó el método simplificado de evaluación de riesgos.<sup>7</sup> A través de la Figura 1 se determinó la severidad del daño (ligeramente dañino, dañino, extremadamente dañino) y la probabilidad de que ocurra el riesgo (baja, media, alta). El método permitió evaluar de manera cualitativa si el riesgo es: trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable.

Los niveles de riesgos identificados permitieron conocer si los controles actuales son suficientes o si se requieren implementar nuevas acciones de control.

Los puestos de trabajo con nivel de riesgo de moderada, importante o intolerable fueron sujetos a mediciones de ruido e iluminación y la toma de acciones correctivas o preventivas como se determina en el cuadro de valoración de riesgos de la INSHT.<sup>7</sup>

Los puestos de trabajo con niveles de riesgo trivial o tolerable se descartaron del presente estudio, debido a que no necesitan mejorar la acción preventiva actual.<sup>7</sup> Con esto se eliminó y depuro puestos de trabajo con iluminación aceptable y fuentes de ruido no representativas.

### Medición del ruido

La medición se realizó con la ayuda del Real Decreto 286/2006, del 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.<sup>8</sup>

Los niveles de ruido se midieron con un sonómetro integrador Cirrus Research Plc, modelo CR:172B tipo 2, calibrado el 10 de abril del 2019.<sup>9</sup> Las mediciones se realizaron con el trabajador ausente para ciertas actividades, se colocó el micrófono a la altura donde se encontraría su oído con la ayuda de un trípode. En las actividades donde no fue posible la ausencia del trabajador, se colocó el micrófono frente al oído a unos 10 cm a 40 cm de distancia. Los valores obtenidos se compararon con el nivel sonoro máximo permitido de 85 dB(A) para ruido continuo y una jornada de 8 horas, finalmente se propuso medidas técnicas y organizativas.<sup>4</sup>

Para obtener mediciones con una exactitud razonable se consideró la estrategia “Mediciones basadas en la operación o la tarea”, la

cual divide a la jornada laboral en operaciones o tareas. Para cada operación se llevó a cabo mediciones del nivel de presión sonora por separado. Para utilizar esta estrategia es indispensable determinar la duración de la tarea, para lo cual se midió y contrastó la información proporcionada por los colaboradores sobre la duración de sus actividades.

### Medición de la iluminación

La medición de la iluminación se la realizó con un luxómetro de la marca OMEGA, modelo HHLM112SD con tarjeta SD para el registro de datos.<sup>10</sup> En cada punto de las diferentes áreas del OAQ, se procedió con el cálculo de la iluminación promedio y la evaluación del factor de reflexión del área de trabajo.

Se utilizó como estrategia de medición el Método de la Constante de Salón, expuesto en la Guía de Referencia de la normativa mexicana. Se midió el largo y ancho del sitio de trabajo y la altura de la luminaria respecto al área de trabajo para determinar el índice de área o contante de salón K. El valor obtenido de K permitió determinar el número mínimo de puntos de medición. Se marcó dichos puntos en cada área de trabajo y se realizó una medición en las peores condiciones, es decir, se realizó la medición con la menor cantidad de luz natural posible. Estos valores fueron comparados con los niveles mínimos establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008 de acuerdo a la actividad o tarea que realiza el trabajador.<sup>11</sup>

### Evaluación de la carga postural

Para evaluar la carga postural, se utilizó el método RULA y se desarrolló una hoja de cálculo para detallar los puntajes de las posturas adoptados por los trabajadores durante la jornada laboral. Diariamente se realizó una observación directa durante varios días y en distintas horas de la jornada para asignar las puntuaciones de acuerdo con las posiciones adoptadas por el trabajador.

El personal del OAQ, tienen una jornada laboral de 8 h (08h00 a 17h00), con una pausa de 1 h para el almuerzo. Se decidió realizar la evaluación en la jornada de la mañana y se complementó con una observación en la jornada de la tarde.

El método RULA permitió valorar posturas adoptadas, fuerza y actividad muscular de las extremidades superiores, cuello, espalda y piernas en el personal administrativo durante la jornada laboral.<sup>12</sup>

Para utilizar el método RULA se procedió de la siguiente manera:

- Se determinaron los ciclos de trabajo y las pausas que cumple el personal dentro de la jornada laboral.
- Con base a la observación directa al personal, se eligió las posturas a evaluar, el trabajo en la mayor parte del tiempo utiliza pantallas de visualización de datos, en pocas ocasiones el personal adopta una postura bípeda de trabajo, por tanto, se realizó la observación en posición sedente mientras trabajan.
- Se determinó el lado del cuerpo que será evaluado, izquierdo o derecho. Para éste caso de estudio se evaluó el lado derecho del cuerpo, ya que el brazo y mano derecha manipulan el ratón del computador. En ciertos casos no fue posible evaluar los ángulos mediante fotografías del lado derecho, para estos

casos se tomó fotografías del lado izquierdo y se realizó una observación minuciosa de ambos lados, encontrado ángulos semejantes en las extremidades superiores sin afectar la aplicación del método.

- Se capturó a través de fotografías, la posición de los miembros superiores e inferiores, se debe tomar en cuenta que los ángulos a medir aparezcan en verdadera magnitud en las fotografías tomadas. Se realizaron tres tomas desde diferentes puntos, vista lateral, superior y posterior.
- Se estudió a profundidad el método antes de la evaluación para tener claro el procedimiento y las puntuaciones que se deben asignar a cada parte del cuerpo.

## Propuestas de medidas de control

Una vez que se evaluaron los riesgos por exposición al ruido, niveles de iluminación y el nivel de actuación respecto a la carga postural, se propuso la implementación de medidas organizativas y medidas técnicas para disminuir el nivel de riesgos a niveles tolerables en los puestos de trabajo.

### Medidas de control del ruido

Concluida la evaluación del riesgo fue necesario identificar si existían controles y si estos eran los adecuados para el peligro identificado o por el contrario necesitaban mejorar e inclusive introducir nuevos controles.

Para establecer nuevos controles se tomó en cuenta la jerarquía o niveles de control del riesgo. Se partió de la eliminación, sustitución, controles de ingeniería, señalización, controles administrativos y finalmente el uso de equipos de protección personal.

### Medidas de control de la iluminación

Para las áreas de trabajo que no cumplieron con los niveles mínimos de iluminación se planteó el rediseño del sistema de iluminación a través del programa DIALux, se determinó el número y tipo de luminarias para alcanzar los luxes mínimos necesarios de cada área de trabajo en función de la actividad que se realiza.

### Medidas de control respecto a la carga postural

Una vez que se obtuvo el nivel de riesgo y actuación a través del método RULA, se propusieron recomendaciones ergonómicas. Para el caso del nivel de acción 1, riesgo aceptable, no se propuso ninguna intervención ergonómica.

En situaciones cuyo nivel de actuación fue de 2, 3 o 4, es decir, puestos de trabajo que no requieren cambios, en los que se precisa el rediseño de la tarea y puestos en los que se requieren cambios urgentes en la tarea, se encontró la existencia de posiciones no adecuadas durante la jornada laboral.

Se determinó en qué grupo o grupos musculares, A o B, se adoptan posiciones no ergonómicas y de esta forma proponer mejoras. Para estos casos se planteó el rediseño el puesto de trabajo a través de la guía “Recomendaciones ergonómicas y psicosociales para trabajo en oficinas y despachos”<sup>13</sup>

## Comprobación de la eficacia de las medidas de control

Se realizó de manera teórica la comprobación de la efectividad de las medidas de control propuestas. Para el ruido, una vez seleccionado el protector auditivo se realizó la comprobación de la atenuación que el protector proporciona.

Se calculó el nivel de presión sonora efectivo ponderado a través del valor de protección asumido APV de la hoja técnica de datos del protector auditivo seleccionado.

Con respecto a la iluminación, se rediseñó el sistema de iluminación actual, se comprobó su eficacia a través del software DIALux, el cual permitió simular el sistema propuesto para obtener a través de cálculos propios del software, valores de niveles de iluminación en luxes de cada área de acuerdo con la actividad que se realiza, 300 lux para oficinas, 500 lux para laboratorios y 750 lux para talleres de alta precisión.<sup>11</sup>

En el caso de la carga postural, se escogió el puesto de trabajo con nivel de acción 4 y se aplicaron las recomendaciones ergonómicas propuestas de manera teórica. Se evaluó nuevamente el puesto de trabajo con el método RULA para verificar que las recomendaciones sugeridas generaran puntuaciones de 1 en cada grupo muscular.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

El Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), institución científica y cultural ecuatoriana, fundada en 1873, está ubicada en el parque La Alameda de la ciudad de Quito, es el único observatorio del Ecuador y desde su creación ha contribuido al desarrollo científico de varias ciencias en el país.<sup>14</sup>

Los puestos de trabajo se han creado según las necesidades del Observatorio a lo largo del tiempo y actualmente cuenta con 19 colaboradores, de los cuales en su mayoría trabajan con ordenadores y pantallas de visualización de datos durante toda su jornada laboral. Para la creación de estos puestos de trabajo no se han considerado temas relacionados con niveles mínimos de iluminación y niveles máximos de ruido permitidos.

Se evidenció la falta de iluminación y deslumbramientos en ciertos puestos de trabajo, lo cual puede afectar a la salud y el rendimiento del personal. Por otra parte, el uso prolongado de ordenadores ocasiona que se adopten posturas inadecuadas por parte de los trabajadores, lo cual genera fatiga y puede derivar en trastornos musculoesqueléticos si no se corrige la excesiva carga postural.<sup>15</sup>

### Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos

Durante la observación se pudo evidenciar en ciertos puestos de trabajo la falta de iluminación, debido a luminarias defectuosas o de bajo flujo luminoso (Figura 2). Además, posibles deslumbramientos debido a puestos de trabajo ubicados cerca de ventanas y falta de limpieza del sistema de iluminación actual, lo cual puede afectar la salud y el rendimiento de los colaboradores en el desarrollo de sus actividades.



**Figura 2.** Estado del sistema de iluminación en el área de secretaría.

El ruido presente en el área de máquinas se debe al uso de equipos como: esmeril, tronadora, taladro de banco, soldadora y principalmente el torno, que se utilizan para realizar actividades de mecanizado de piezas, cortes de presión, unión de piezas metálicas, entre otros, en la Figura 3 se muestra el área de máquinas.

Adicionalmente, se identificó el tiempo en el cual el personal se encuentra expuesto al ruido, se establecen horarios de trabajo en el taller durante la mañana de 9:00 am a 12:30 pm, en la tarde se realizan actividades de limpieza y durante toda la jornada laboral actividades de diseño y simulación de piezas metálicas. Con respecto al mantenimiento de las máquinas y herramientas, se lo realiza una vez cada seis meses sin llevar ningún tipo de registro o evidencia del mantenimiento realizado.

Por otra parte, el uso prolongado de ordenadores y una inapropiada distribución del mobiliario de oficina ha ocasionado que se adopten posturas inadecuadas y prolongadas por parte de los colaboradores (Figura 4) lo cual genera fatiga y puede derivar en trastornos musculoesqueléticos si no se corrige la excesiva carga postural a lo largo de la jornada laboral.

#### Resultado de la evaluación cualitativa de riesgos

Se partió de la clasificación y recopilación de la información de cada actividad que realiza el personal del OAQ para proceder con la identificación del peligro, la estimación del riesgo en función de la probabilidad y la consecuencia para finalmente valorar el riesgo y comprobar si es tolerable o no.

#### Factor de riesgo ruido

Se encontraron 18 colaboradores con nivel de riesgo tolerable,



**Figura 3.** Máquinas y herramientas que dispone la unidad de mecánica.

éstos puestos de trabajo presentan niveles de ruido permisibles, el ruido de equipos de oficina, conversación de personas y el ruido del exterior no afecta al personal en mención. Se encontró un colaborador de la unidad de mecánica con nivel de riesgo importante, puesto de trabajo que no debe iniciar las actividades hasta que se disminuya el nivel de riesgo presente.

#### Factor de riesgo iluminación

Para el caso del factor de riesgo de iluminación, se tienen 14 puestos de trabajo con nivel de riesgo trivial, es decir, no se requiere de ninguna acción específica, los 5 puestos de trabajo ubicados en las áreas de secretaría y museo presentan un nivel de riesgo moderado y se deben realizar esfuerzos para reducir el nivel de riesgo. Para corroborar estos resultados fue necesario realizar mediciones de iluminación en cada puesto de trabajo.

#### Análisis de los resultados obtenidos en la medición de ruido

Con base a la evaluación cualitativa realizada, se analizó únicamente la unidad de mecánica debido a que presenta un nivel de riesgo importante. Esta unidad cuenta con dos áreas de trabajo,



**Figura 4.** Posturas adoptadas por el personal durante el desarrollo de sus actividades

**Tabla 1.** Nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de diseño

Operación	$L_{Aeq,T,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)	Incertidumbre dB(A)
Impresión de piezas 3D	59.15	56.14	79.39	+/- 2.1
Planificación del trabajo y diseño de piezas CAD	82.38	79.37		

el área de máquinas y el área de diseño, separadas entre sí por una pared de ladrillo y una puerta de acceso de madera.

Para el presente estudio se realizaron mediciones de ruido de las tareas que se ejecutan en cada área con las peores condiciones de generación de ruido, es decir, con la puerta de acceso al área de diseño abierta y con la mayor cantidad de máquinas en funcionamiento.

### Resultados de las mediciones de ruido

En las Tablas 1 y 2, se muestra el nivel de ruido equivalente diario y el valor de la incertidumbre de la medición realizada en la unidad de mecánica.

El nivel equivalente diario para el área de diseño (Tabla 1) no supera el límite de 85 dB(A) para una jornada de 8 horas establecido en el Decreto Ejecutivo 2393,<sup>4</sup> pero el valor da lugar a una acción correctiva que permita reducir al mínimo el riesgo, según lo determina el Real Decreto 286, en el artículo 5.<sup>8</sup>

Para el caso del área de máquinas, Tabla 2, se tiene un nivel equivalente diario de 87.5 dB(A) +/- 1.69 dB(A), en el peor de los casos se tendría un  $L_{Aeq,d}$  de 89.19 dB(A), este valor supera el límite de 85 dB(A) establecido en Decreto Ejecutivo 2393.

En consideración del Real Decreto 286, artículo 5, se debe realizar un análisis que priorice la reducción del nivel de ruido equivalente diario en la fuente, posteriormente en el medio y de ser el caso medidas en el receptor.

### Análisis de los resultados obtenidos en la medición de iluminación

Con la aplicación de la evaluación cualitativa se identificaron los puestos de trabajo con problemas de iluminación, los mismos que fueron objeto de medición.

### Resultados de las mediciones de iluminación

En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos de las

**Tabla 2.** Nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de máquinas.

Operación	$L_{Aeq,T,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)	Incertidumbre dB(A)
Realizar agujeros y cortes de precisión	79.26	65.45		
Corte de tubos y ángulos metálicos	90.83	77.03		
Afilar, pulir y dar forma a piezas	86.55	72.75		
Mecanizado de piezas (torno)	92.65	86.62	87.51	+/- 1.69
Unión de piezas metálicas (soldadura)	80.16	68.12		
Pintura de piezas metálicas.	85.95	73.90		
Limpieza y planificación del trabajo	56.10	53.08		

mediciones realizadas para áreas de trabajo consideradas como oficinas donde se realizan tareas visuales con distinción moderada de detalles. Las áreas de difusión y meteorología satisfacen el nivel mínimo de iluminación de 300 lux establecido en la normativa mexicana.<sup>11</sup> y de 200 lux en la ecuatoriana<sup>4</sup>

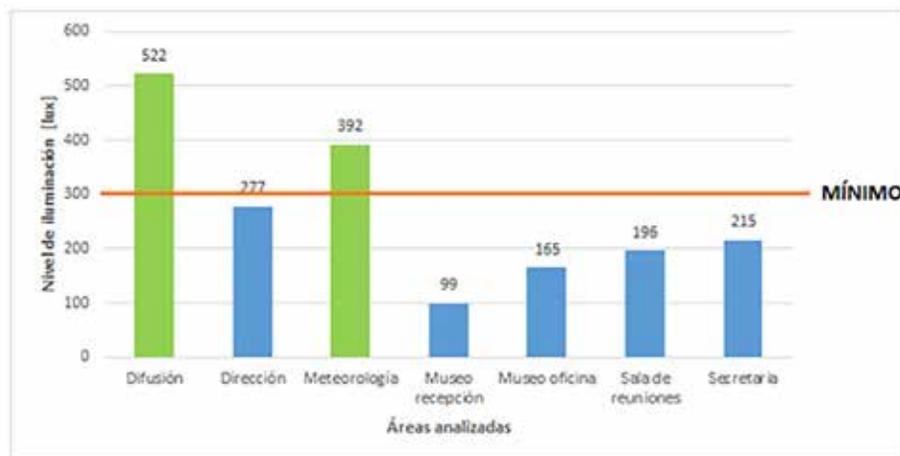
Para áreas de trabajo consideradas como laboratorios y áreas de dibujo con distinción clara de detalles para realizar la tarea, el nivel mínimo de iluminación es de 500 lux, según lo establece la normativa utilizada.<sup>4,11</sup> Como se puede apreciar en la Figura 6, únicamente el área de diseño de la unidad de mecánica cumple con éste nivel de iluminación mínimo, las demás áreas requieren un rediseño en el sistema de iluminación.

Para talleres de alta presión, la normativa mexicana establece un mínimo de 750 lux,<sup>11</sup> y para la ecuatoriana debe ser de 200 lux<sup>4</sup>. el taller de mecánica satisface lo requerido, no requiere cambios en el diseño del sistema actual de iluminación.

Los resultados de la evaluación cuantitativa reflejan las áreas de trabajo que no cumplen con los niveles mínimos de iluminación para oficinas (300 lux) y laboratorios (500 lux), esto debido a lámparas fundidas, falta de mantenimiento del sistema de iluminación y una inadecuada distribución y selección de las luminarias sobre el área de trabajo.

Con los datos obtenidos de las mediciones realizadas, se determinó que, de las 14 áreas de trabajo, únicamente 4 cumplen con los niveles de iluminación mínimos para oficinas y laboratorios descritos anteriormente, las cuales son: difusión, meteorología y mecánica (diseño y taller).

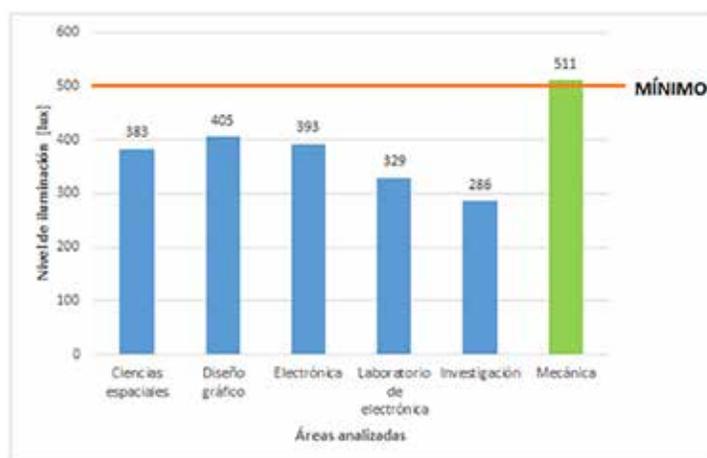
Para el resto de las áreas, dirección, museo (recepción y oficina), sala de reuniones, secretaría, ciencias espaciales, diseño gráfico, electrónica (oficina y laboratorio) e investigación, se propone el rediseño del sistema de iluminación para satisfacer los luxes mínimos necesarios para cada actividad a través del cambio, incremento, mantenimiento y reubicación de luminarias.



**Figura 5.** Resultado de la medición del nivel de iluminación para áreas consideradas como oficinas

**Tabla 3.** Número de colaboradores por puntuación y nivel de actuación, método RULA.

RESUMEN DE DATOS.						
PUNTUACIÓN	0	1	2	3	4	5
<b>Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca</b>						
Puntuación del brazo	-	5	9	4	-	-
Puntuación del antebrazo	-	12	6	-	-	-
Puntuación de la muñeca	-	4	14	-	-	-
Puntuación del giro de la muñeca	-	-	18	-	-	-
Puntuación del tipo de actividad muscular	-	18	-	-	-	-
Puntuación de carga/fuerza	18	-	-	-	-	-
<b>Grupo B: Análisis del cuello, tronco y piernas.</b>						
Puntuación del cuello	-	-	6	8	4	-
Puntuación del tronco	-	8	8	2	-	-
Puntuación de las piernas	-	18	-	-	-	-
Puntuación del tipo de actividad muscular	-	18	-	-	-	-
Puntuación de carga/fuerza	18	-	-	-	-	-
<b>NIVEL DE ACTUACIÓN</b>						
Riesgo Aceptable						0
Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio						11
Se requiere el rediseño de la tarea						6
Se requieren cambios urgentes en la tarea						1



**Figura 6.** Resultado de la medición del nivel de iluminación para áreas consideradas como laboratorios y áreas de dibujo

## Resultados de la evaluación del factor de reflexión

Se determinó que no existe deslumbramiento excesivo en el plano de trabajo en ningún puesto analizado causado por la luz natural, ya que el valor del factor de reflexión no supera el nivel máximo permisible del 50%.

## Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de carga postural

El método RULA se aplicó de manera observacional a todo el personal administrativo en su puesto de trabajo. Realizada la calificación de cada uno de los grupos musculares y zonas del cuerpo evaluadas, se procedió a sumar las puntuaciones para obtener finalmente el nivel de actuación, el cual indica si el riesgo es o no aceptable (Tabla 3).

### Grupo A: brazo, antebrazo, muñeca

Del análisis de la posición del brazo, se puede apreciar que los trabajadores ubican su brazo en un ángulo comprendido entre los 20° a 45°, un porcentaje menor tiene problemas con la abducción de los brazos, lo que incrementa el riesgo. Es necesario modificar el ángulo del brazo en el 75% de los colaboradores debido a la ubicación del teclado y ratón.

Para el caso de la posición del antebrazo, la mayoría de los colaboradores mantienen un ángulo del codo entre los 60° a 100°. Los casos en los que el codo supera el ángulo de 100°, se deben a problemas con la ubicación del teclado y ratón.

La posición de la muñeca en la mayoría de los colaboradores se encuentra en el rango de 0° a 15° en extensión debido al uso del ratón. Casos puntuales presentan la muñeca en posición neutra, por el uso de alfombrillas para ratón.

Se observó que durante la jornada laboral la postura de los colaboradores es principalmente estática y repetitiva. Esta postura constituye un factor de riesgo importante en la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

En resumen, el grupo A presenta posiciones inadecuadas en la mayoría de los colaboradores tanto en la posición del brazo como de las muñecas, lo que implica lesiones musculares para los miembros superiores.

### Grupo B: cuello, tronco y piernas

Con respecto a la postura del cuello, se aprecia que un 70% de los trabajadores mantienen ángulos de inclinación superiores a los 20° respecto al hombro, además, existe inclinación lateral y rotación del cuello en ciertos casos.

La posición del tronco refleja que un 50% de los trabajadores mantienen el tronco recto y se encuentran sentados bien apoyados, el otro 50% presenta un ángulo de inclinación el tronco comprendido entre 0° a 20° y se evidencia en casos puntuales la inclinación lateral del tronco. Esto indica que el personal adopta una posición incorrecta al momento de sentarse lo cual puede ocasionar contracturas musculares en la espalda.

Se aprecia que el personal administrativo realiza sus actividades con los pies apoyados en el suelo y dispone de espacio para cambiar de posición. Como caso puntual se tiene un colaborador el cual no apoya sus pies en el suelo, lo hace en el soporte de la silla, para este caso se deben tomar medidas adecuadas para mejorar sus condiciones.

### Nivel de riesgo y actuación

Los resultados obtenidos y representados en la Tabla 4, muestran que 17 colaboradores se encuentran en los niveles de acción 2 y 3, un caso especial, tiene nivel de acción 4, lo que demuestra la necesidad de proponer medidas ergonómicas que corrijan posturas inadecuadas y disminuyan el nivel de riesgo presente.

Se aprecia que 11 colaboradores presentan nivel de acción 2, quiere decir, la postura que se adopta no es la adecuada pero no la peor, se pueden realizar cambios en la tarea para mejorar la postura y se recomienda realizar una evaluación más detallada para determinar los cambios ergonómicos que se deben realizar y obtener un nivel de riesgo aceptable.

Por otra parte, 6 colaboradores presentan un nivel de acción de 3 y un colaborador con nivel de acción de 4, esto indica una intervención inmediata, se requieren cambios urgentes en la tarea, la modificación de las posturas y proponer medidas de control técnicas y organizativas que minimicen el nivel de actuación a los recomendados por el método aplicado.

## Propuestas de medidas de control y comprobación de su eficacia

### Propuesta de medidas de control de ruido

Se analizó las diferentes posibilidades para disminuir el ruido presente en el área de máquinas. Se toma en cuenta la jerarquía de control del factor de riesgo, se analizó la opción de eliminar el ruido en la fuente y medio de transmisión.

El reemplazo, eliminación o confinamiento de las máquinas y el uso de materiales absorbentes acústicos en paredes y techos no es posible desde el punto de vista económico principalmente y de usabilidad de las máquinas. El último nivel de la jerarquía de control es la opción de proporcionar equipo de protección personal y su uso obligatorio.

Para el área de diseño se propone realizar las actividades siempre con la puerta cerrada, lo cual se asemeja a una cámara de insonorización, ya que las paredes y puerta disminuyen la transmisión de las ondas sonoras al interior del área de diseño.

Se realizó la medición del nivel de ruido en el área de diseño con la puerta cerrada mientras se encuentran en funcionamiento el torno y cortadora de tubos eléctrica, se obtuvo un valor de 72,8 dB(A). Al realizar nuevamente el cálculo del nivel de ruido equivalente diario con el valor obtenido, se demuestra la reducción del nivel de ruido a niveles aceptables para una jornada de 8 horas con  $L_{(Aeq, d)}$  de 69,97 dB(A).

Para el área de máquinas se propone utilizar equipo de protección personal, protectores auditivos, los cuales disminuyen el nivel de



Figura 7. Tapón auditivo 3M, modelo E-A-R Ultrafit.<sup>16</sup>

ruido equivalente diario a valores aceptables, además, se propone un plan de mantenimiento que permita reducir las vibraciones de las máquinas con partes móviles y la señalización de peligros y advertencia en la unidad de mecánica.

#### Selección y comprobación de la eficacia del protector auditivo

Para determinar la atenuación acústica del protector auditivo se lo realizó a través del método de bandas de octava y los datos de atenuación del protector suministrados por el fabricante. Cabe mencionar que la protección real del protector está condicionado al uso correcto y mantenimiento del equipo de protección.

Se propone utilizar tapones auditivos reutilizables debido al entorno laboral, el uso continuo durante la jornada, el ambiente caluroso de trabajo, el uso de otros protectores como gafas y la atenuación acústica que ofrece el protector auditivo.

El tapón auditivo de la marca 3M y modelo E-A-R Ultrafit 14, Figura 7, es un tapón reutilizable fabricado con material flexible y de forma cónica que se adapta al oído sin necesidad de moldearlo

Con el uso del protector auditivo se obtuvo un ruido óptimo entre los 70 dB(A) a 80 dB(A), como se muestra en la Figura 8, para ciertas actividades se atenuó el ruido a un nivel mínimo de presión sonora ponderado de 60 dB(A).

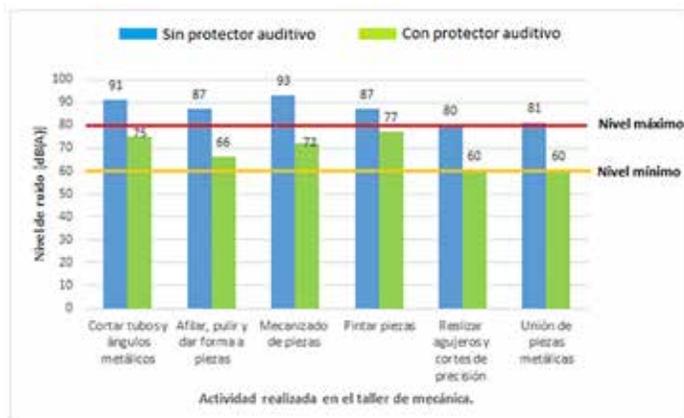


Figura 8. Atenuación del protector auditivo para cada una de las actividades.

El uso obligatorio del tapón auditivo propuesto logra obtener un nivel equivalente diario de 69,49 dB(A), inferior al valor máximo permitido de 85 dB(A), en el área de máquinas de la unidad de mecánica.

#### Propuesta de estandarización del nivel de iluminación de las áreas de trabajo

Una iluminación deficiente puede propiciar errores y accidentes, ocasiona fatiga visual, trastornos visuales y oculares, por tal motivo se propone medidas correctivas para mejorar el sistema de iluminación actual.

#### Rediseño de iluminación de interiores

El rediseño del sistema de iluminación se lo realizó en el software DIALux (Figura 9) el cual permite elaborar diseños de iluminación tanto para interiores como para exteriores, se puede construir diseños tridimensionales y trabajar con formatos que son compatibles con otros programas de diseño gráfico como AutoCAD.

#### Resultados de los cálculos de iluminación

Los cálculos de iluminación se los realizó en el software DIALux.

Tabla 4. Propuesta de rediseño del sistema de iluminación de las áreas de trabajo

Área	Sistema de iluminación propuesto			
	Tipo de montaje	Altura de montaje	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias
Dirección	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Diseño gráfico	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Electrónica	Pendular	2.8	Start Flat Panel LED 40 W	4
Laboratorio de electrónica	Pendular	2.8	Rejilla LED 2 x 18 36 W	4
Clima espacial	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Investigación	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	4
Museo recepción	Pendular	2.8	Luz Puntual led 15 W	3
Museo oficina	Pendular	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Sala de reuniones	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Secretaría	Empotrada en techo	3.1	Start Flat Panel LED 40 W	2



**Figura 9.** Rediseño del sistema de iluminación del área de investigación en DIALux

El software muestra el nivel de iluminación en luxes del plano útil de trabajo ubicado a 80 cm del suelo y permite visualizar la iluminación media, mínima y máxima.

El tipo de luminaria utilizada para cada una de las áreas descritas se detalla en la Tabla 4. También se muestra el nuevo sistema de distribución de iluminación propuesto que satisface con los niveles mínimos de iluminación establecidos en la ecuatoriana.

Los cambios propuestos en el nuevo sistema de iluminación son: tipo de luminaria, altura de montaje, cantidad y distribución de las luminarias.

Se procuró utilizar luminarias comerciales que se puedan encontrar fácilmente en el mercado nacional a precios accesibles y del tipo LED debido a temas de mayor vida útil, eficacia y ahorro energético.

### Resultados de los cálculos de iluminación

Los cálculos de iluminación se los realizó en el software DIALux. El software muestra el nivel de iluminación en luxes del plano útil de trabajo ubicado a 80 cm del suelo y permite visualizar la iluminación media, mínima y máxima.

En la Tabla 4, se muestra el nuevo sistema de distribución de iluminación propuesto que satisface con los niveles mínimos de iluminación establecidos en la ecuatoriana.

Los cambios propuestos en el nuevo sistema de iluminación son: tipo de luminaria, altura de montaje, cantidad y distribución de las luminarias.

Se procuró utilizar luminarias comerciales que se puedan encontrar fácilmente en el mercado nacional a precios accesibles y del tipo LED debido a temas de mayor vida útil, eficacia y ahorro energético.

El tipo de luminaria utilizada para cada una de las áreas descritas se detalla en la Tabla 4.

## Recomendaciones ergonómicas en los puestos de trabajo

En base a los resultados que se obtuvo de la aplicación del método RULA, se proponen distintas recomendaciones ergonómicas para el personal en función de la puntuación final de cada grupo muscular. Se tomó como referencia el caso de nivel 4, ya que este puesto de trabajo requiere de cambios urgentes en la tarea.

### Recomendaciones ergonómicas

A continuación, se detallan las recomendaciones ergonómicas que afectan directamente a la puntuación del nivel de riesgo y actuación del método RULA.<sup>13</sup>

- Ubicación del monitor. Colocar el monitor frente al trabajador a una distancia de 55 a 60 cm.
- Altura del monitor. Elevar el monitor de tal modo que el área de trabajo a ser visualizada tenga un ángulo de visión comprendido entre la horizontal trazada desde los ojos a la parte superior de la pantalla y 60° por debajo de la misma.
- Altura del asiento. Ajustar la altura del asiento para que los codos queden a la misma altura de la mesa de trabajo.
- Alcance manual óptimo. Organizar la mesa de trabajo, ordenar los elementos de trabajo en función de la frecuencia de manejo, es decir, ubicar elementos que más se utiliza lo más cerca posible del colaborador.
- Uso de reposapiés. Usar reposapiés en caso de no lograr apoyar los pies con comodidad sobre el suelo.
- Postura del tronco. La postura correcta para trabajar con ordenadores es aquella en que la parte superior y la parte inferior del cuerpo forman un ángulo de 90°, con la espalda completamente apoyada al espaldar de la silla.
- Mouse vertical. Un ratón ergonómico se adapta a las características físicas del usuario, permite trabajar de forma cómoda por largos periodos de tiempo, adopta posturas naturales y mantiene la musculatura de la mano y el antebrazo relajada.
- Apoya muñecas. Se recomienda usar apoya muñecas tanto para el teclado como para el ratón, este accesorio promueve la postura neutra de la muñeca.
- Ejercicios para realizar pausas activas. Para evitar el malestar físico debido a la adopción de posturas estáticas se recomienda realizar ejercicios de estiramiento y relajación cada cierto tiempo.

Si se aplican estas recomendaciones ergonómicas, teóricamente se tendría una postura sentado ideal, se obtendría un nivel de riesgo aceptable, donde no se requieren acciones correctivas y se disminuiría la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

## CONCLUSIONES

La observación y la evaluación objetiva aplicada al personal del Observatorio Astronómico de Quito permitieron identificar problemas de iluminación deficiente y ruido excesivo en ciertos puestos de trabajo.

La evaluación cualitativa del ruido realizada a 19 colaboradores, muestra como resultado un colaborador con nivel de riesgo importante, por lo tanto, fue necesario reducir el nivel de riesgo a través de medidas correctivas, los 18 colaboradores restantes

presentaron un nivel de riesgo tolerable por lo cual no fue necesaria ninguna acción de control.

La medición del nivel de ruido en la unidad de mecánica, determinó que las actividades realizadas en el área de taller, generan un nivel de ruido equivalente diario de 87.51 dB(A) +/- 1.69 dB(A), superior a los valores límites de exposición y esto afecta directamente al área de diseño en la cual se encontró un nivel de ruido equivalente diario de 79.39 dB(A) +/- 2.1 dB(A).

La evaluación cualitativa no coincide con los resultados de la medición de iluminación, se tienen 14 colaboradores con nivel de riesgo trivial, mientras tanto en la medición se tiene únicamente 3 puestos de trabajo que cumplen con el nivel de iluminación mínimo, esto se debe a la percepción de la iluminación en el puesto de trabajo por parte del colaborador y del evaluador en la valoración cualitativa.

La propuesta del rediseño del sistema de iluminación que incluye cambio de luminarias y redistribución sobre el área de trabajo, a través de la simulación en el software DIALux, demuestra que se alcanzan los niveles mínimos permitidos en función de las actividades que se realizan en cada área analizada.

Una postura sedentaria puede traer complicaciones a los órganos del cuerpo humano, por tal motivo, es conveniente revisar la postura adoptada cada cierto tiempo, de preferencia en la tarde ya que se tiende a sentir fatiga con mayor frecuencia.

No es necesario esperar a sentir dolor para realizar una pausa activa, pero se recomienda realizar ejercicio que cuente con fundamentos teóricos, ya que realizar cualquier ejercicio podría no tener los efectos positivos deseados y resultar en una lesión muscular esquelética.

Las propuestas que se plantean son viables y pueden ser implementadas a futuro ya que, uno de las principales limitantes en cuanto a ejecución de medidas de prevención y control dentro de una empresa o industria es el factor económico.

#### Conflicto de interés:

Ninguno

## REFERENCIAS

1. MC Mutual. Prevención de riesgos laborales en oficinas y despachos; 2008. Barcelona. Disponible en: [https://www.fauca.org/wp-content/uploads/2017/10/manual\\_prl-oficinas-y-despachos-MC-Mutual.pdf](https://www.fauca.org/wp-content/uploads/2017/10/manual_prl-oficinas-y-despachos-MC-Mutual.pdf)

2. IESS. SGRT--Estadísticas. Ecuador, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. 2019. Disponible en: [http://sart.iesgob.ec/SRGP/cal\\_neg\\_ep.php?NGY0NWlkPWVzdGF0](http://sart.iesgob.ec/SRGP/cal_neg_ep.php?NGY0NWlkPWVzdGF0)

3. Ruiz M. Evaluación de riesgos ergonómicos en puestos de trabajo que utilizan pantallas de visualización de datos aplicando el método PDV del INSHT en el personal de la empresa Intcomex del Ecuador SA 2017. Quito: Universidad de las Américas; 2017.

4. IESS. Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Seguro General de Riesgos del Trabajo. Registro Oficial 565; 2016.

5. Sanz MJA, García OS. Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2009.

6. Gómez-Cano AM. Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo; 2021.

7. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Evaluación de Riesgos Laborales. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. 2000;1-13.

8. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE-A-2006-4414. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2006.

9. Cirrus Research Plc. Optimus Green Sound Level Meters for Environmental & Occupational Noise Measurements; 2020. Disponible en: <https://www.cirrusresearch.co.uk/library/documents/datasheets/cr17x-Aug-2018-EN-r9.pdf>.

10. OMEGA Engineering. Handheld Light Meter With Data Logging SD Card; 2020. Disponible en: <https://www.omega.co.uk/pptst/HHC230-HHC250-SERIES.html>

11. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo; 2008

12. Diego-Mas J. RULER - Medición de ángulos en fotografías. Ergonautas; 2016. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/>

13. UCM. Recomendaciones ergonómicas y psicosociales, trabajo en oficinas y despachos. Univ Complutense Madrid. 2017;1-109.

14. Menten JB. Historia y descripción del Observatorio de Quito. Quito: Imprenta Nacional; 1877;

15. Villar FMF. Posturas de trabajo: evaluación del riesgo. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); 2015.

16. 3M. Productos de protección auditiva. Productos de protección Personal; 2014. Disponible : <http://www.seripacar.com.ec/wp-content/uploads/2016/03/catalogo-auditivo-ecuador-final.pdf>

© Universidad Libre. 2021. Licence Creative Commons CC-by-nc-sa/4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>

