

INSTITUTO REGIONAL DE ESTUDIOS EN SUSTANCIAS TÓXICAS (IRET), UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE COSTA RICA

ESCUELA DE SEGURIDAD LABORAL E HIGIENE AMBIENTAL, INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE COSTA RICA

Maestría en Salud Ocupacional con énfasis en Higiene Ambiental

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con ruido y  
riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish de la empresa Brightpoint Costa Rica

Elaborado por:

Tatiana Vega Ramírez

Profesora asesora:

Ing. Carmen Madriz Quirós, PhD.

Abril, 2022



Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish de la empresa Brightpoint Costa Rica by Tatiana Vega Ramírez is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

**Unidad Interna de Posgrado  
Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental  
Maestría en Salud Ocupacional**

**TEC-MSO-ATFG -01- 2022**

**ACTA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN  
DE MAESTRÍA**

(documento 2)

Sesión del Tribunal Examinador de la presentación pública de trabajo final de graduación celebrada a las 16:00 horas, del 22 de abril del 2022 bajo modalidad virtual, por medio de la plataforma TEAMS, con base en las condiciones de excepcionalidad producto de las instrucciones de Rectoría comunicadas mediante oficio RR-008-2022, sobre las disposiciones especiales durante la emergencia nacional producto del Covid-19 y la alerta sanitaria emitida por el Ministerio de Salud, con el objeto de recibir el informe de la sustentante:

Tatiana Vega Ramírez

Carné 200860538

Quién se acoge a la Normativa de Trabajos Finales de Graduación en Posgrado y al Reglamento de la Maestría en Salud Ocupacional, bajo la modalidad profesional, para optar al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental con el trabajo de graduación titulado: **“Propuesta para la mitigación de los factores de riesgo laborales relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish de la empresa Brightpoint Costa Rica”**

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal Examinador:

| Grado académico | Nombre completo | Puesto                             |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| M.Sc.           | Jorge Chaves    | Representante por la UIP (preside) |
| Ph.D            | Carmen Madriz   | Profesor tutor                     |
| Dra.            | Lílliam López   | Profesor lector                    |

Una vez realizada la presentación del Trabajo final de graduación y realizada la deliberación correspondiente, se le asigna una nota de 95 con la inclusión de las observaciones descritas en el documento 1, por lo que el Presidente del Tribunal Examinador declara a la persona sustentante Tatiana Vega Ramírez, acreedora al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental.

Se da lectura al acta que firman los miembros del Tribunal Examinador y la persona sustentante, a las 17:28 horas del 22 de abril del 2022.

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

Firmado digitalmente por  
CARMEN ELENA MADRIZ  
QUIROS (FIRMA)  
Fecha: 2022.04.22 17:43:35  
-06'00'

Ph.D Carmen Madriz  
Tutor

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

Firmado digitalmente  
por JORGE CHAVES  
ARCE (FIRMA)  
Fecha: 2022.04.22  
17:39:33 -06'00'

M.Sc. Jorge Chaves  
Representante UIP

Dra. Lilliam López  
Miembro del Comité Asesor

**TATIANA MARIA  
VEGA RAMIREZ  
(FIRMA)**

Firmado digitalmente  
por TATIANA MARIA  
VEGA RAMIREZ (FIRMA)  
Fecha: 2022.04.23  
10:14:28 -06'00'

Tatiana Vega Ramírez  
Sustentante

## **Agradecimientos**

Un agradecimiento especial a todo el equipo de trabajo de Brightpoint Costa Rica, quienes me brindaron toda la información, tiempo y recursos necesarios para desarrollar este proyecto. Principalmente a Alfredo Sáenz, quien me abrió las puertas de la empresa.

También agradezco a mi profesora asesora la Ing. Carmen Madriz Quirós, PhD por su gran dedicación, dirección y paciencia a lo largo de este proceso.

A la Dra. Lilliam López Narváez, Ergónoma, MPH. agradezco su atenta lectura y los atinados comentarios para mejorar este trabajo.

Y sobre todo gracias a mi familia por el constante apoyo y paciencia. Gracias por brindarme la determinación para finalizar este proceso.

## **Dedicatoria**

A quienes me tuvieron fe, confianza y paciencia,  
y me animaron siempre con sus  
consejos y apoyo:  
Mi madre, mi padre, Andrey y Alex.

## Resumen

El presente proyecto fue realizado en Brightpoint Costa Rica, dedicada a la reparación industrial de celulares. El principal objetivo de este estudio fue proponer un plan de mejora para la disminución de los factores de riesgo laborales relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas de Buff and Polish. Los colaboradores de estas áreas están expuestos a distintos peligros como: riesgos disergonómicos, ruido, sustancias químicas y rayos UV. En el 2020 el 48% de todas las lesiones reportadas correspondieron al personal de estas áreas, razón por la cual se requiere determinar mejoras para estos problemas.

Para valorar la situación actual primero se realizó una evaluación de riesgos utilizando el Método FINE. Luego se aplicó una encuesta de molestias y se hicieron mediciones de ruido, de los puestos de trabajo y de los trabajadores, estas últimas mediciones se hicieron tanto estáticas como dinámicas. Finalmente, se aplicaron las herramientas OWAS y ART con el fin de obtener insumos suficientes para diseñar las propuestas de controles para eliminar o minimizar los riesgos determinados.

Las evaluaciones realizadas determinaron que los principales riesgos de Buff and Polish son ruido, movimientos repetitivos y la aplicación de fuerza. La tarea con mayor exposición a ruido es la aplicación de plasma, seguida de las tareas que se encuentran a su lado (Máquina UV y Revisión del Material). La encuesta de molestias refleja que las manos y muñecas son las que generan más molestias en los trabajadores, seguidas del brazo derecho, hombro derecho, espalda alta y espalda baja. Según el Método OWAS las medidas correctoras deben estar enfocadas en las tareas de revisión de material y pulido de ambas plantas y en la tarea Assy metal de iPhone, con principal énfasis a la espalda. La herramienta ART dio como resultado que las tareas de pulido y Assy Metal tienen un nivel de exposición medio, las demás tareas tienen un nivel bajo de exposición.

Para disminuir el ruido se propone modificar el sistema de extracción, aislar máquina de plasma, colocar silenciadores en las pistolas de aire comprimido y crear un Programa de Conservación Auditiva. Como parte de las mejoras en ergonomía se propone el cambio a una máquina semiautomática de pulido, la modificación de los puestos de trabajo (traslado del motor de la máquina de pulido, cambio de las sillas de trabajo, colocación de descansapiés), un plan de rotación, capacitaciones en ergonomía y ejercicios exclusivos para las pausas activas.

**Palabras clave:** Salud ocupacional, evaluación de riesgo, riesgos disergonómicos, ruido, plan de mejora.

## Tabla de Contenidos

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Constancia de Defensa Pública del Proyecto de Graduación.....           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Agradecimientos .....   | iv                                   |
| Dedicatoria.....  | v                                    |
| Resumen .....   | vi                                   |
| I. Introducción .....   | 14                                   |
| A. Reseña histórica.....  | 14                                   |
| B. Ubicación geográfica .....   | 15                                   |
| C. Fuerza laboral.....  | 16                                   |
| D. Proceso productivo .....   | 18                                   |
| II. Revisión bibliográfica .....  | 21                                   |
| III. Justificación.....   | 27                                   |
| IV. Objetivos .....   | 30                                   |
| A. Objetivo general .....   | 30                                   |
| B. Objetivos específicos.....   | 30                                   |
| V. Aspectos éticos.....   | 31                                   |
| VI. Metodología .....   | 32                                   |
| A. Tipo de estudio.....   | 32                                   |
| B. Población .....  | 32                                   |
| C. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de información ..... | 33                                   |
| 1. Evaluación de riesgos.....   | 36                                   |
| 2. Medición .....   | 37                                   |
| 3. Análisis .....   | 43                                   |
| 4. Plan de mejora.....  | 44                                   |
| VII. Alcances y limitaciones del trabajo .....                          | 45                                   |
| A. Alcance .....  | 45                                   |
| B. Limitaciones .....   | 45                                   |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| VIII. | Análisis de la situación actual.....                    | 46  |
| A.    | Evaluación de riesgos .....                             | 46  |
| B.    | Mediciones de ruido .....                               | 47  |
| C.    | Encuesta de molestias.....                              | 48  |
| D.    | Mediciones de los puestos de trabajo .....              | 53  |
| E.    | Mediciones de los trabajadores .....                    | 56  |
| F.    | Método OWAS .....                                       | 61  |
| G.    | Herramienta ART .....                                   | 62  |
| H.    | Análisis de resultados .....                            | 63  |
| IX.   | Alternativas de solución.....                           | 68  |
| A.    | Sustitución.....  | 68  |
| B.    | Control ingenieril .....                                | 71  |
| C.    | Control administrativo .....                            | 76  |
| D.    | Equipo de protección personal.....                      | 79  |
| E.    | Plan de mejora .....                                    | 80  |
| X.    | Conclusiones y recomendaciones.....                     | 87  |
| A.    | Conclusiones.....                                       | 87  |
| B.    | Recomendaciones.....                                    | 88  |
| XI.   | Bibliografía .....                                      | 89  |
|       | Apéndice 1. Evaluación de riesgo .....                  | 94  |
|       | Apéndice 2. Medición de niveles de presión sonora.....  | 99  |
|       | Apéndice 3. Resultados de la encuesta de molestias..... | 101 |
|       | Apéndice 4. Resultados Método OWAS.....                 | 103 |
|       | Apéndice 5. Resultados de la herramienta ART.....       | 106 |
|       | Apéndice 6. Priorización de las medidas de mejora ..... | 107 |
|       | Anexo 1. Encuesta de molestias .....                    | 108 |
|       | Anexo 2. Herramienta ART. ....                          | 109 |

Anexo 3. Dimensiones recomendadas para las estaciones de trabajo.....110

## Tabla de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.1.</b> Línea temporal de la historia de Ingram Micro.....   | 15 |
| <b>Figura 1.2.</b> Ubicación de Brightpoint Costa Rica, Lindora Park Free Zone. ....  | 16 |
| <b>Figura 1.3.</b> Estructura organizacional de Brightpoint Costa Rica. ....  | 17 |
| <b>Figura 1.4.</b> Proceso productivo de Brightpoint Costa Rica.....  | 19 |
| <b>Figura 1.5.</b> Proceso productivo de Buff and Polish. ....  | 20 |
| <b>Figura 2.1.</b> Pirámide de Bird.....  | 22 |
| <b>Figura 2.2.</b> Jerarquía de controles.....  | 23 |
| <b>Figura 3.1.</b> Distribución porcentual de las lesiones y enfermedades por área de trabajo en Brightpoint Costa Rica durante el 2020.....  | 27 |
| <b>Figura 5.1.</b> Ejemplo de mediciones estáticas en los colaboradores.....  | 39 |
| <b>Figura 5.2.</b> Ejemplo de estadiómetro.....   | 39 |
| <b>Figura 5.3.</b> Ejemplo de antropómetro.....   | 39 |
| <b>Figura 5.4.</b> Ejemplo de posiciones dinámicas.....   | 40 |
| <b>Figura 5.5.</b> Ejemplo de goniómetro.....   | 40 |
| <b>Figura 8.1.</b> Principales partes del cuerpo en las que los colaboradores de AT&T presentan dolor, su intensidad y frecuencia.....  | 48 |
| <b>Figura 8.2.</b> Principales partes del cuerpo en las que los colaboradores de iPhone presentan dolor y su intensidad.....  | 49 |
| <b>Figura 8.3.</b> Distribución porcentual de la localización del dolor y el número de veces que se presenta por día y semanas, en los colaboradores del área de Buff and Polish..... | 51 |
| <b>Figura 8.4.</b> Distribución porcentual de la intensidad del dolor por parte del cuerpo.....   | 52 |
| <b>Figura 8.5.</b> Distribución porcentual de la interferencia del dolor con la ejecución del trabajo....   | 52 |
| <b>Figura 8.6.</b> Colaborador de la tarea de pulido con los brazos colgando.....   | 57 |
| <b>Figura 8.7.</b> Motor de la máquina de pulido debajo de la mesa de trabajo.....  | 58 |
| <b>Figura 8.8.</b> Ejemplo de medición de flexión de cuello.....  | 60 |
| <b>Figura 8.9.</b> Ejemplo de medición de flexión de brazos.....  | 60 |
| <b>Figura 8.10.</b> Ejemplo de medición de flexión de muñeca.....   | 60 |
| <b>Figura 8.11.</b> Esquema de análisis para cada puesto de trabajo.....  | 64 |
| <b>Figura 9.1.</b> Representación del antes y después de la máquina pulidora.....   | 68 |
| <b>Figura 9.2.</b> Ejemplo de máquina de pulido semiautomática.....   | 69 |
| <b>Figura 9.3.</b> Secuencia propuesta para incluir la máquina de pulido semiautomática en el proceso de Buff and Polish.....   | 71 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 9.4.</b> Propuesta para la reubicación del sistema de extracción de AT&T. ....                               | 71 |
| <b>Figura 9.5.</b> Propuesta para la reubicación del sistema de extracción de iPhone. ....                             | 72 |
| <b>Figura 9.6.</b> Ejemplos de silenciadores para pistolas de aire comprimido. ....                                    | 72 |
| <b>Figura 9.7.</b> Ejemplo de silla que puede adquirirse para los puestos de trabajo de Buff and Polish de AT&T.....   | 74 |
| <b>Figura 9.8.</b> Ejemplo de silla que puede adquirirse para los puestos de trabajo de Buff and Polish de iPhone..... | 74 |
| <b>Figura 9.9.</b> Barras utilizadas como descansapiés.....  | 75 |
| <b>Figura 9.10.</b> Ejemplos de descansapiés para los puestos de trabajo. ....   | 75 |
| <b>Figura 9.11.</b> Ejemplo de mecanismo de ajuste para las mesas. ....  | 75 |
| <b>Figura 9.12.</b> Ejemplos de ejercicios ergonómicos para Buff and Polish.....                                       | 78 |

## Tabla de cuadros

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 2.1.</b> Trastornos musculoesqueléticos relacionados con las zonas del cuerpo.....       | 25 |
| <b>Cuadro 5.1.</b> Definición de variables.....  | 34 |
| <b>Cuadro 5.2.</b> Valoración del riesgo según el Método FINE. ....                                | 36 |
| <b>Cuadro 5.3.</b> Clasificación del riesgo según el Método FINE. ....                             | 37 |
| <b>Cuadro 5.4.</b> Evaluación de posturas según el Método OWAS.....                                | 42 |
| <b>Cuadro 5.5.</b> Valoración de la postura por el tiempo de exposición. ....                      | 42 |
| <b>Cuadro 5.6.</b> Categorización de los resultados según la aplicación de la herramienta ART..... | 43 |
| <b>Cuadro 8.1.</b> Resumen de los puestos de trabajo analizados con el Método FINE.....            | 46 |
| <b>Cuadro 8.2.</b> Principales riesgos de las áreas Buff and Polish según el Método FINE.....      | 46 |
| <b>Cuadro 8.3.</b> Valores promedio de las mediciones de ruido.....                                | 47 |
| <b>Cuadro 8.4.</b> Resumen de puestos seleccionados para la evaluación. ....                       | 53 |
| <b>Cuadro 8.5.</b> Mediciones de los puestos de trabajo de la planta AT&T.....                     | 54 |
| <b>Cuadro 8.6.</b> Mediciones de los puestos de trabajo de la planta iPhone.....                   | 55 |
| <b>Cuadro 8.7.</b> Mediciones estáticas de los colaboradores.....                                  | 56 |
| <b>Cuadro 8.8.</b> Mediciones dinámicas de los colaboradores.....                                  | 58 |
| <b>Cuadro 8.9.</b> Resultados de evaluación por medio del Método OWAS. ....                        | 61 |
| <b>Cuadro 8.10.</b> Resumen de resultados de la herramienta ART.....                               | 62 |
| <b>Cuadro 8.11.</b> Factores más críticos según la herramienta ART de cada tarea. ....             | 62 |
| <b>Cuadro 8.12.</b> Análisis del puesto Revisión del Material. ....                                | 65 |
| <b>Cuadro 8.13.</b> Análisis del puesto Assy Metal.....  | 65 |
| <b>Cuadro 8.14.</b> Análisis del puesto Plasma. ....   | 66 |
| <b>Cuadro 8.15.</b> Análisis del puesto Pulido. ....   | 66 |
| <b>Cuadro 8.16.</b> Análisis del puesto Máquina UV.....  | 67 |
| <b>Cuadro 9.1.</b> Análisis del impacto de la máquina de pulido propuesta. ....                    | 70 |
| <b>Cuadro 9.2.</b> Aspectos que deben incluirse en el plan de rotación.....                        | 77 |
| <b>Cuadro 9.3.</b> Tiempo máximo de permanencia en la tarea según su nivel de riesgo. ....         | 77 |
| <b>Cuadro 9.4.</b> Atenuación del equipo de protección en la planta AT&T. ....                     | 79 |
| <b>Cuadro 9.5.</b> Atenuación del equipo de protección en la planta iPhone. ....                   | 79 |
| <b>Cuadro 9.6.</b> Puntaje para el análisis de la priorización de las mejoras propuestas. ....     | 80 |
| <b>Cuadro 9.7.</b> Plan de mejora para las áreas de Buff and Polish.....                           | 81 |
| <b>Cuadro 9.8.</b> Cronograma para la implementación del plan de mejora. ....                      | 82 |
| <b>Cuadro 9.9.</b> Plan de monitoreo y seguimiento.....  | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro A2.1.</b> Resultados de las mediciones de niveles de presión sonora.....      | 99  |
| <b>Cuadro A3.1.</b> Resultados de encuestas de la planta AT&T.....                      | 101 |
| <b>Cuadro A3.2.</b> Resultados de encuestas de la planta iPhone.....                    | 102 |
| <b>Cuadro A4.1.</b> Resultados de evaluación por medio del Método OWAS para AT&T. ....  | 103 |
| <b>Cuadro A4.2.</b> Resultados de evaluación por medio del Método OWAS para iPhone..... | 104 |
| <b>Cuadro A5.1.</b> Resultados de la herramienta ART.....                               | 106 |
| <b>Cuadro A6.1.</b> Priorización de las medidas de mejora propuestas.....               | 107 |
| <b>Cuadro An3.1.</b> Dimensiones recomendadas para las mesas de trabajo. ....           | 110 |
| <b>Cuadro An3.2.</b> Dimensiones recomendadas para las sillas de trabajo.....           | 110 |

## I. Introducción

Brightpoint Costa Rica es parte del grupo empresarial de Ingram Micro, una empresa estadounidense fundada en 1973. Es líder mundial en tecnología y en servicios de cadena de suministro. Ingram Micro tiene su sede en Irvine, California, E.E.U.U., así como operaciones en todo el mundo. Actualmente la empresa cuenta con las siguientes unidades de negocio:

- Soluciones tecnológicas
- Servicios de ciclo de vida del dispositivo
- Cadena de suministro omnicanal y servicios logísticos
- Plataformas de software en la nube, Aplicaciones y Servicios

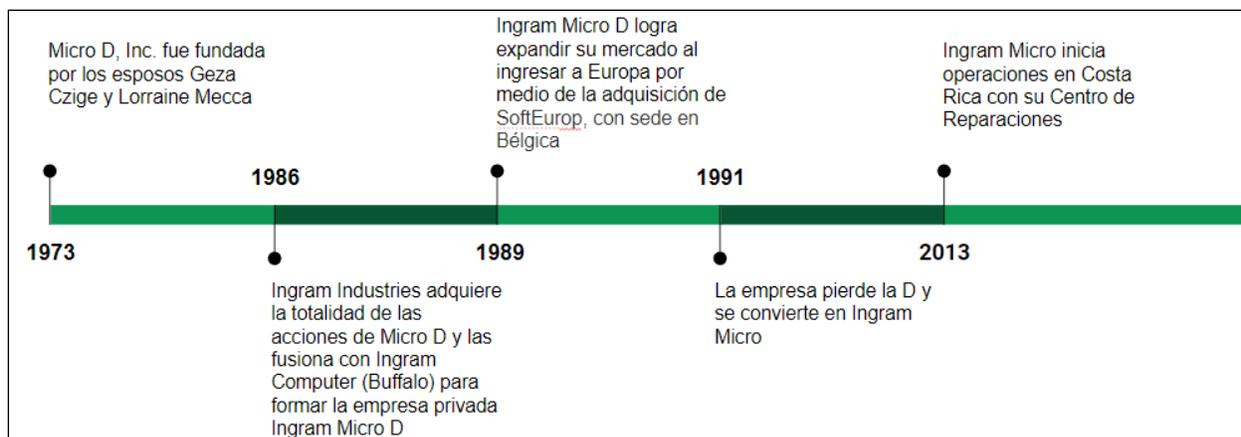
Brightpoint Costa Rica se dedica a la reparación y reacondicionamiento industrial de celulares, en lo que es llamado economía circular. Los teléfonos dañados son importados para repararse en nuestro país, de forma que luego puedan ser reinsertados en el mercado y ser vendidos nuevamente, en lugar de desechados. A los celulares se les reparan defectos físicos como pantallas y carátulas quebradas o rayadas, problemas en el funcionamiento de partes como cámara y lector de huella digital, o problemas en el software.

Para el logro de sus objetivos estratégicos la empresa ha definido la siguiente visión y misión:

- Visión: “Ingram Micro brinda el mejor modo de ofrecer tecnología al mundo”
- Misión: “Ser un socio indispensable en los negocios, siendo el vínculo más valioso entre nuestros fabricantes y clientes. Contribuimos significativamente al crecimiento y a la rentabilidad de una manera que es difícil de imitar o sustituir”

### A. Reseña histórica

En la Figura 1.1 se muestra una línea temporal de la historia de Ingram Micro.



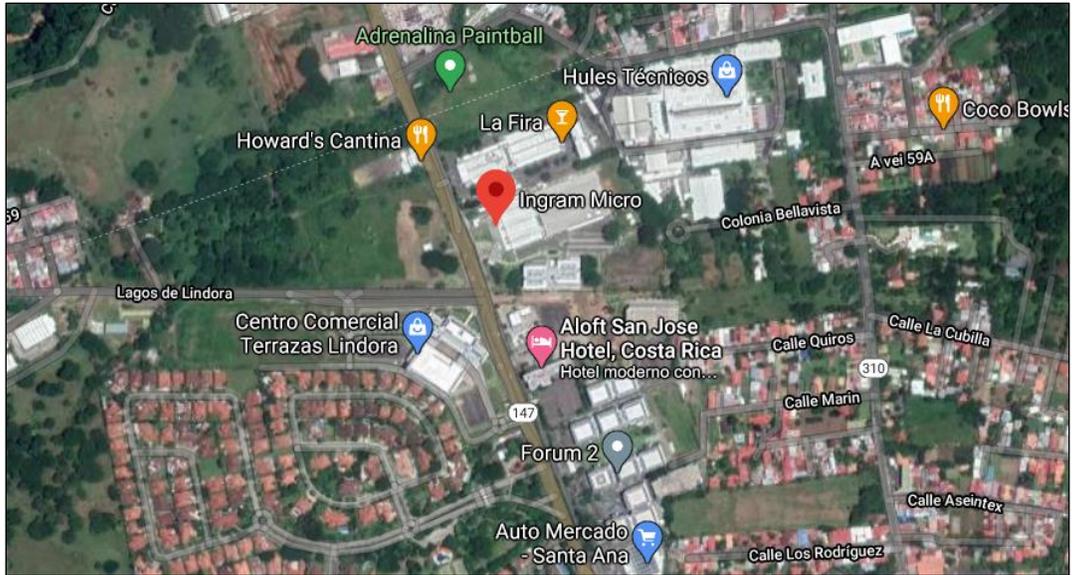
**Figura 1.1.** Línea temporal de la historia de Ingram Micro. Fuente: Ingram Micro

Para el inicio de sus operaciones en Costa Rica, Brightpoint contrató a más de 300 personas, entre ellas personal técnico y operativo. En el 2016 Ingram Micro abre otra unidad de negocio en el país, un centro de servicios compartidos, y contrata a 135 personas para dar servicios de apoyo en finanzas, compras, cadenas de suministro, administración de ventas, servicio al cliente y soporte técnico para Latinoamérica. Para el 2018, este centro de servicios pasa a laborar desde la modalidad de teletrabajo.

A finales de 2020, la empresa expande sus instalaciones de manufactura e inaugura una nueva planta productiva para la reparación de celulares de la marca iPhone. Durante esta expansión se contrataron cerca de 400 personas.

## **B. Ubicación geográfica**

Las instalaciones de Brightpoint Costa Rica se encuentran ubicadas en Lindora Park Free Zone en Santa Ana, San José. Las instalaciones tienen un área aproximada de 4500 m<sup>2</sup>, las cuales incluyen dos plantas productivas: AT&T y iPhone. La Figura 1.2 muestra la ubicación geográfica de Brightpoint Costa Rica.

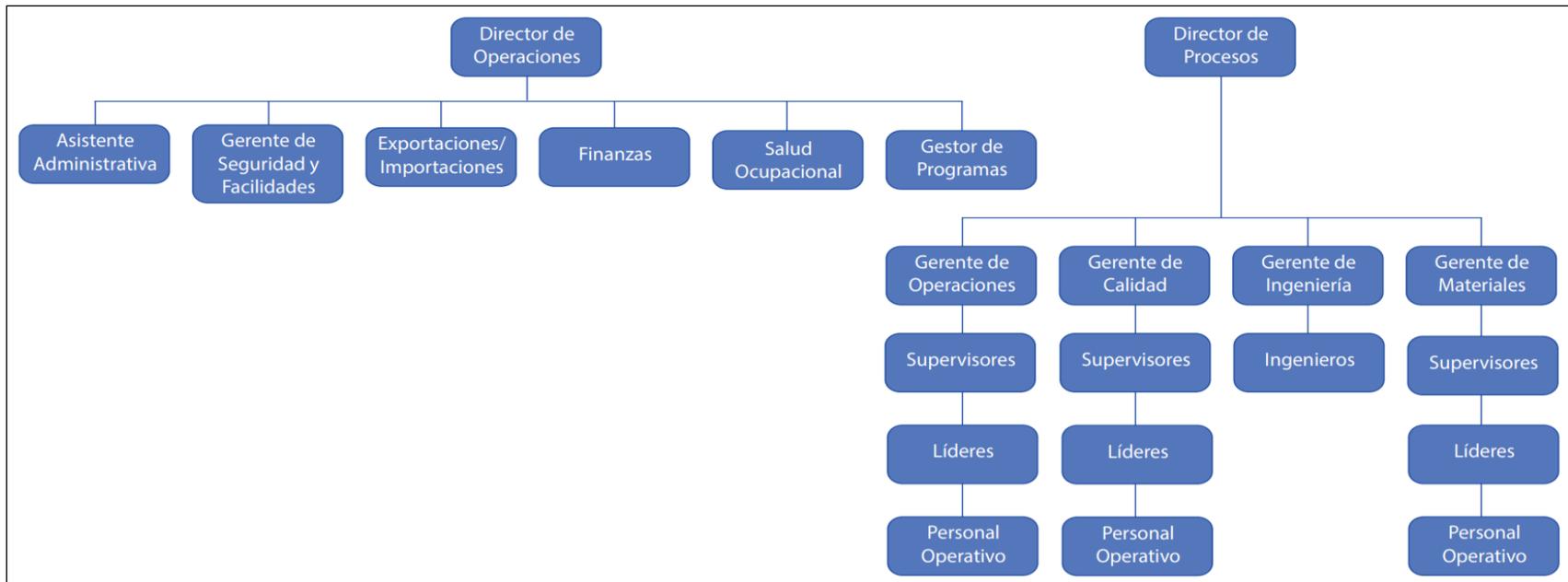


**Figura 1.2.** Ubicación de Brightpoint Costa Rica, Lindora Park Free Zone. Fuente: Google Maps.

### **C. Fuerza laboral**

Brightpoint Costa Rica cuenta con 1130 colaboradores: 40 administrativos y 1090 trabajadores de producción. Tiene dos turnos de producción que laboran de lunes a sábado: Turno 1 trabaja de 6 a.m. a 2 p.m. y Turno 2 de 2 p.m. a 10 p.m. El personal administrativo cuenta con un horario de 8 a.m. a 5 p.m.

La Figura 1.3 muestra la estructura organizacional de Brightpoint Costa Rica, donde se pueden observar cuatro niveles jerárquicos: directores, gerentes, supervisores y líderes.



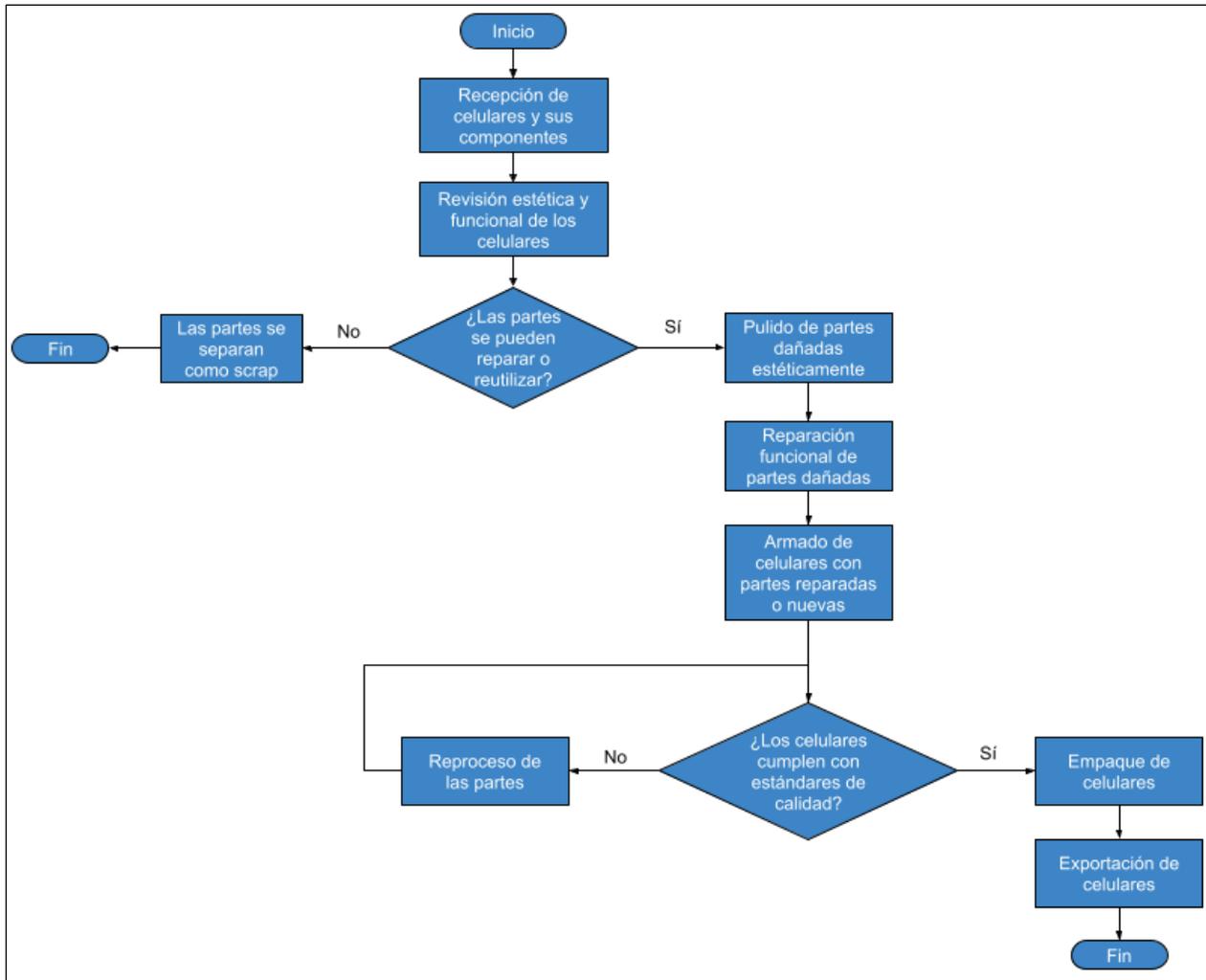
**Figura 1.3.** Estructura organizacional de Brightpoint Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.

## **D. Proceso productivo**

Los procesos productivos en las plantas de AT&T y iPhone son muy similares, con una dedicación exclusiva a la atención de diferentes marcas de celulares que se reparan. En la planta de AT&T se pueden encontrar diferentes marcas como Samsung, Nokia y Alcatel. Por su parte, en la planta de iPhone únicamente se reparan celulares de esta marca.

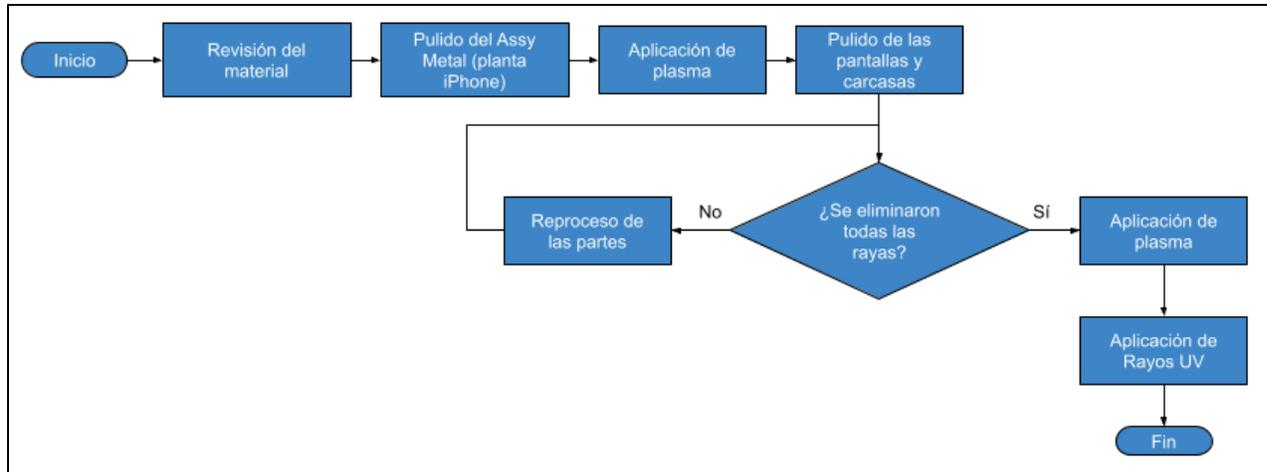
El proceso productivo consiste en recuperar la mayor parte de los componentes de los celulares, de forma que se evite su desecho y puedan ser vendidos nuevamente. Una vez que ingresan a la planta se realiza una revisión estética y funcional, por lo cual los celulares son desarmados en diferentes partes y analizados a nivel estético y de software. Los colaboradores clasifican las partes de los celulares en reutilización, reparación o desecho, según criterios corporativos.

En ambas plantas existen áreas específicas de reparación, ya sea a nivel estético y/o funcional. Posteriormente, se ensamblan los componentes reparados o reutilizados para formar los nuevos celulares. Como parte del proceso de calidad se realizan diferentes pruebas para asegurar que los celulares cumplan con los estándares de calidad de la empresa. Por último, los celulares son empacados y exportados. En la Figura 1.4 se explica el proceso productivo de Brightpoint Costa Rica.



**Figura 1.4.** Proceso productivo de Brightpoint Costa Rica. Elaboración propia.

En las áreas de Buff and Polish se realiza la reparación estética, aquí se pulen las pantallas y las carcasas de los celulares según sea necesario. En la Figura 1.5 se muestra el proceso de Buff and Polish.



**Figura 1.5.** Proceso productivo de Buff and Polish. Elaboración propia.

El proceso inicia con la revisión del material para determinar las partes que deben ser pulidas. En la planta de iPhone se tiene una tarea adicional que consiste en el pulido del Assy Metal (borde metálico de los celulares iPhone), otras marcas no cuentan con esta parte por lo que no requieren este paso.

Luego se aplica plasma a las partes para eliminar la capa olefóbica que protege los celulares contra el agua. Una vez eliminada la capa, se realiza el pulido de los celulares y se verifica que todas las rayas hayan desaparecido. Después se aplica nuevamente el plasma para eliminar impurezas del pulido. Como último paso, se utiliza una máquina de Rayos UV para volver a colocar la capa oleofóbica a los celulares. Al finalizar, los componentes se envían al área de Ensamble donde se arman los celulares.

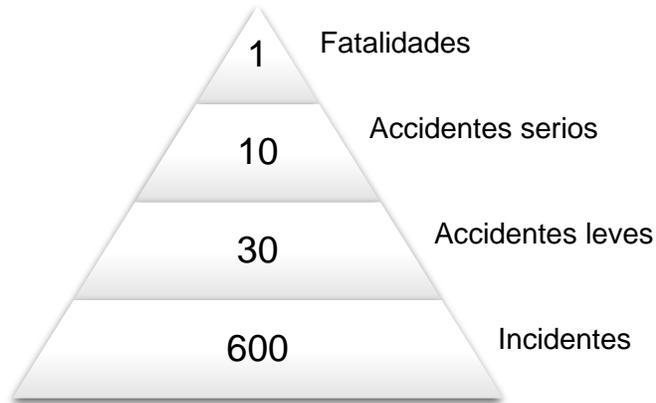
## II. Revisión bibliográfica

Todos los procesos productivos generan riesgos laborales, los cuales dependen del tipo de labores que se ejecuten, la maquinaria y equipos que se utilicen, así como de otros aspectos generales (Moreno Briceño & Godoy, 2012). Normalmente, los riesgos laborales se presentan cuando las condiciones de trabajo no son adecuadas, lo que podría provocar daños en la salud y seguridad de los colaboradores (Collado Luis, 2008).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2019) estima que más de 374 millones de personas sufren accidentes no mortales en el trabajo. Según la OIT los días perdidos por accidentes representan cerca del 4% del PIB mundial. Las industrias de manufactura son de las más peligrosas del mundo. En el 2016, el Health and Safety Executive (HSE) informó que en el Reino Unido hubo 70.000 lesiones laborales no mortales durante el 2014-2015. De este total, las cuatro lesiones principales fueron por levantamiento y manipulación (25%), resbalones, tropiezos y caídas (21%), y golpes con objetos y contacto con maquinaria, ambos con 12% cada uno (Amirah et al., 2019).

En Costa Rica, según el Consejo de Salud Ocupacional (2020), las industrias y fábricas son la quinta actividad económica que genera mayor cantidad de lesiones en el país, con 14.349 accidentes durante el 2019. Las principales causas de accidentes son golpes/cortes por objetos o herramientas (33%), caídas de personas a distinto nivel (14%), la caída de objetos por desplome o derrumbe (11%) y caída de objetos desprendidos (9%).

Como se muestra en la Figura 2.1, la pirámide de Bird establece que la probabilidad de que ocurra un accidente grave aumenta en relación con el número de incidentes. Por lo tanto, una empresa que desea reducir la cantidad de accidentes graves debe disminuir la cantidad de incidentes primero (Bourassa et al., 2016). Para salvaguardar la salud y seguridad de los colaboradores es preciso contar con un programa de salud ocupacional (Moreno Briceño & Godoy, 2012). Este programa debe incluir una robusta evaluación de riesgos, de forma que se identifiquen los peligros y controles necesarios para cada una de las áreas de las empresas.



**Figura 2.1.** Pirámide de Bird. Fuente: Bourassa et al., 2016.

La evaluación de riesgos es un proceso para la definición y descripción de los peligros, donde se caracteriza su probabilidad, frecuencia y gravedad, también se evalúan las consecuencias adversas, incluidas las lesiones potenciales. La evaluación de riesgos es un método sistemático de identificación y análisis de los peligros asociados con una actividad para establecer el nivel de riesgo para cada peligro (Ramesh, Prabu, Mgibalan, & Senthilkumar, 2017).

Las evaluaciones de riesgos realizadas en las industrias han evolucionado con los años, han pasado de ser estáticas a ser más dinámicas. Por ejemplo, ahora se incluyen técnicas matemáticas y diagramas de secuencia de eventos. También se incluyen análisis de costo-beneficio o de costo-efectividad, de forma que sean mucho más completas. Al utilizar una variedad de disciplinas científicas se facilita el descubrimiento de soluciones transdisciplinarias (Reniers, 2017).

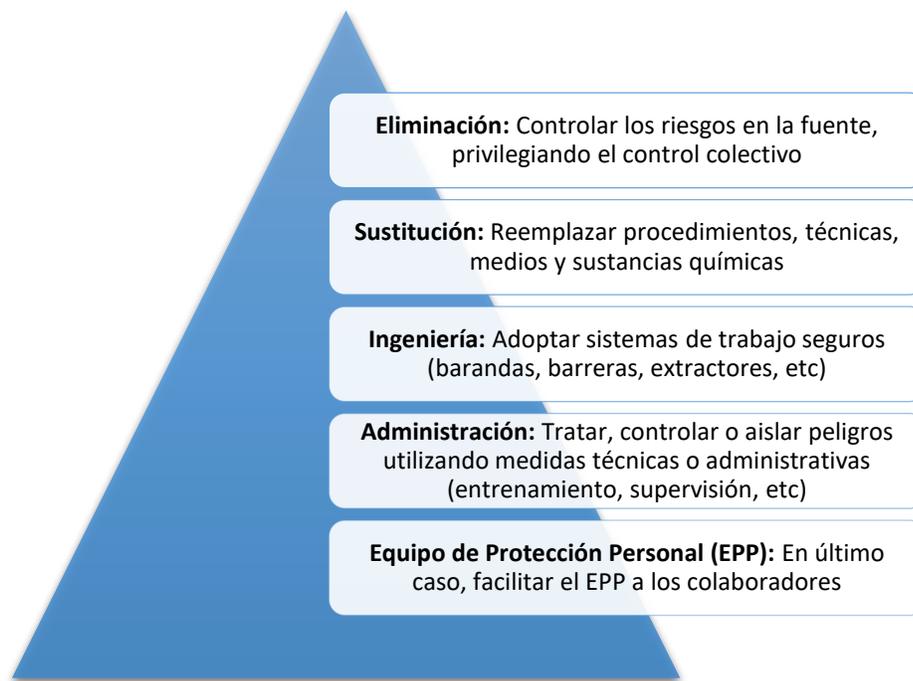
Existen múltiples herramientas para realizar evaluaciones de riesgos, entre ellas se encuentra el Método FINE. Este método fue desarrollado por William T. Fine y consiste en un modelo matemático de sencilla aplicación que permite clasificar y priorizar los riesgos. Cada peligro es valorado según tres criterios: Consecuencia (C), Exposición (E) y Probabilidad (P), para obtener como producto el Grado de Peligrosidad (GP). La fórmula para calcular el GP es la siguiente (Morán Morales, 2018):

$$GP = C \cdot E \cdot P$$

El Grado de Peligrosidad permite determinar los riesgos que deben abordarse inmediatamente, o en el corto, mediano o largo plazo (Morán Morales, 2018).

Una vez realizada la evaluación de riesgos, puede ser necesario realizar análisis más específicos para determinar con mayor certeza el nivel de riesgo de cada peligro. Por ejemplo, es conveniente realizar mediciones de ruido, iluminación y de riesgos disergonómicos. Como lo señalan Rodríguez-Ruiz & Guevara-Velasco (2011) la evaluación de la exposición a factores de riesgos disergonómicos utilizando herramientas reconocidas es un aspecto esencial en la gestión y prevención de los mismos. Por esto las evaluaciones exhaustivas pueden ayudar a diseñar procedimientos de gestión de riesgo más específicos para las necesidades de las empresas (Quintana Martínez, 2019).

Una vez evaluados los riesgos, es necesario disminuir los niveles más altos utilizando la jerarquía de controles. En la Figura 2.2 se muestra el orden en el que se deben proponer los controles, dándole prioridad a la eliminación y dejando como última opción la utilización del equipo de protección personal (Mundaca Barboza, 2017).



**Figura 2.2.** Jerarquía de controles. Fuente: Mundaca Barboza, 2017.

Generalmente la propuesta de controles se resume en planes de mejora que tienen como fin proteger la salud y seguridad de los colaboradores. Su propósito es reunir clara y detalladamente, la información necesaria para realizar una actividad preventiva de forma sistemática, coherente y eficaz frente a los riesgos laborales presentes (Collado Luis, 2008). Para garantizar la efectividad de los planes de mejora es necesario implementarlos y monitorearlos, de forma que

los controles se mantengan a lo largo de los años. Los planes de mejora deben involucrar a todo el personal de las empresas y así asegurar su éxito a través del tiempo (Fuentes Kerguelén, 2015).

Un elemento de la gestión del riesgo a considerar es la rotación de los puestos de trabajo, con el fin de mantener la productividad de los operarios durante la jornada de trabajo. En la pirámide de jerarquía de controles la rotación se encuentra ubicada entre la ingeniería y la administración. La rotación consiste en entrenar a los colaboradores en diferentes puestos de trabajo, de forma que el trabajador pueda desempeñar diferentes roles. La rotación tiene la gran ventaja que minimiza el impacto de las ausencias y favorece la flexibilidad según la demanda de cada puesto de trabajo, y así evitar principalmente la detención de la línea productiva por ausencia de otro operario. La rotación incluso puede generar mayores niveles de satisfacción en los colaboradores, ya que disminuye la monotonía y la fatiga (Asencio Cuesta, 2009).

Según Asencio-Cuesta et al. (2009) el plan de rotación se define como un “proceso periódico de movimiento de trabajadores entre diferentes trabajos o tareas para minimizar actividades monótonas y la sobrecarga de determinados tendones o músculos”. Cada vez más industrias utilizan esta técnica debido a sus beneficios, como los bajos costos de implementación, minimización del impacto del ausentismo, satisfacción de los colaboradores y disminución del estrés de trabajo (Asencio-Cuesta et al., 2009; Hochdörffer et al., 2017).

Un plan de rotación de puestos debe considerar los resultados de las evaluaciones ergonómicas, así como otros factores relacionados con la salud ocupacional. Es de gran utilidad cuando dentro del plan de rotación se incluyen otro tipo de peligros, especialmente cuando el incremento de la exposición aumenta la posibilidad de lesiones, como sucede con el ruido y los riesgos disergonómicos.

Por otro lado, Ortiz Páez (2015) señala que las lesiones musculoesqueléticas, derivadas de los riesgos disergonómicos, son de lenta aparición y por una exposición prolongada, ya que por lo general sus primeros síntomas son ignorados. No es hasta que se instauran como enfermedades crónicas y que el daño es permanente, que las personas lo visibilizan (Ortiz Páez, 2015). Los Trastornos Musculoesqueléticos (TME) relacionadas con el trabajo, son lesiones de los músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones que se producen o agravan por la ejecución de tareas laborales como levantar, empujar o jalar objetos (Saavedra-Robinson, 2012; NIOSH, 2015).

Los TME pueden ser clasificados según la zona donde se encuentra el dolor: zona del cuello y hombros, mano y muñeca, brazo y codo, columna y miembros inferiores. En el Cuadro 2.1 se muestran los trastornos asociados a cada zona del cuerpo (Saavedra-Robinson, 2012).

**Cuadro 2.1.** Trastornos musculoesqueléticos relacionados con las zonas del cuerpo

| Zona del cuerpo          | Trastornos asociados   |
|--------------------------|--|
| <b>Columna vertebral</b> | Hernia discal, dorsalgia, lumbalgia aguda, lumbalgia crónica, lumbago agudo, lumbo-ciatalgias, cifosis   |
| <b>Mano y muñeca</b>     | Síndrome de DeQuervain, Síndrome del túnel del carpo, Síndrome del canal de Guyon, dedo en maza (martillo o garra), contractura de Dupuytren, síndrome del escribiente |
| <b>Brazo y codo</b>      | Epicondilitis, Epitrocleitis, Síndrome del pronador redondo, Síndrome del túnel radial, Tenosinovitis del exterior, Bursitis del codo                                  |
| <b>Cuello y hombros</b>  | Hombro congelado, Síndrome cervical, Síndrome de tensión cervical, Tortícolis  |

Fuente: Saavedra-Robinson (2012).

Por lo general los TME son el resultado de la combinación de diferentes factores riesgo como: manipulación de cargas, especialmente al flexionar o girar el cuerpo; movimientos repetitivos; posturas forzadas y estáticas; posición sentada o erguida durante largos periodos sin cambiar de postura; antecedentes médicos; capacidad física; estilo de vida y hábitos; entre otros (OSHA, s.f.).

Por otra parte, según Quintana Martínez (2019) el ruido es uno de los riesgos más comunes en el entorno laboral y que genera diferentes efectos en la salud, como pérdida auditiva, reducción de la producción, estrés psicológico y físico, e incluso un incremento de accidentes al dificultar la audición de señales de advertencia.

Una exposición diaria durante jornadas laborales de 8 horas a niveles de ruidos iguales o mayores a 85 dB(A) ponderados puede provocar la pérdida permanente de la audición. Las consecuencias por la exposición a ruido son paulatinas, el oído puede recuperarse de sus efectos, pero al exponerse a jornadas diarias de 8 horas de ruido la recuperación de las células ciliadas externas no es completa (Espinoza Ormeño et al., 2013).

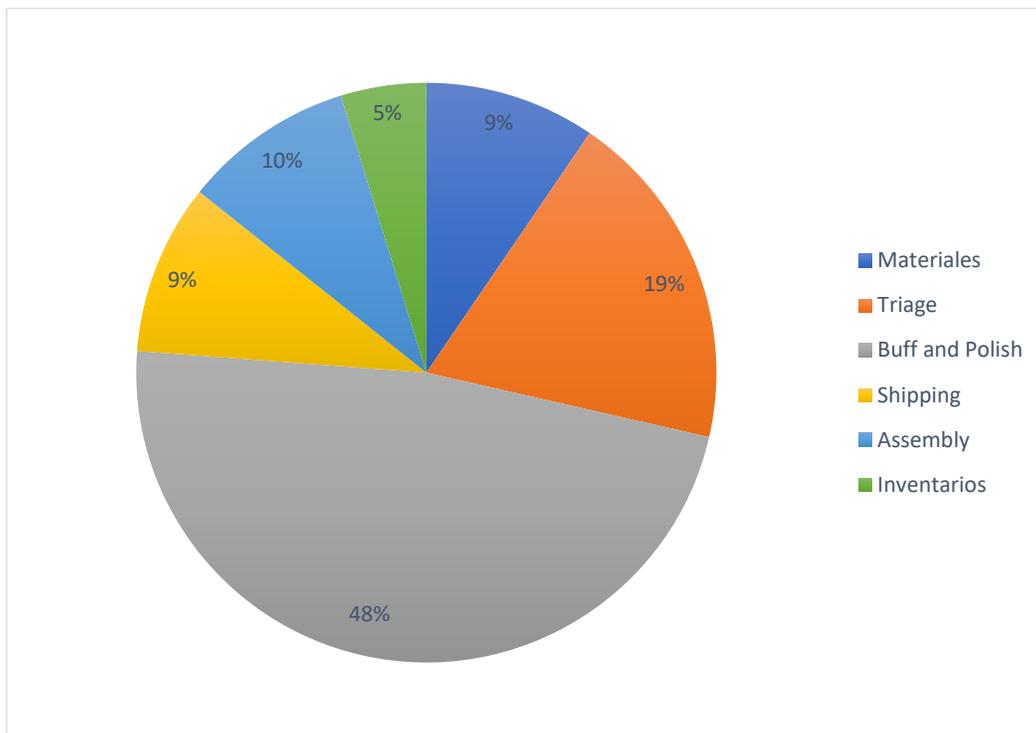
Un incremento en la exposición a ruido, tanto en intensidad como en tiempo, genera mayores efectos a la salud (Pérez Ortiz, 2020). Los planes de rotación permiten disminuir la exposición de los colaboradores a los diferentes riesgos, por medio del intercambio de puestos cada determinado periodo. Es por esta razón que se justifica la inclusión del ruido, los riesgos disergonómicos y otros peligros dentro del plan de rotación.

En los últimos años se ha visto la necesidad de tener una visión más holística cuando se realizan estudios en el lugar de trabajo (Espinoza Ormeño et al., 2013). Una correcta gestión de los riesgos de salud ocupacional y seguridad se ve reflejado en un aumento de la productividad y competitividad de la empresa. La gestión integral de los riesgos permite disminuir los niveles de exposición y mejorar las condiciones del ambiente laboral, lo cual da como resultado la disminución de los niveles de ausentismo, mayor satisfacción de los colaboradores y un consecuente aumento de la productividad (Peixoto Rodriguez & Salcedo Balbuena, 2019).

### III. Justificación

Para Brightpoint Costa Rica la salud de los trabajadores es un aspecto importante tanto para mantener el nivel de productividad como para la calidad de vida de sus colaboradores. Este aspecto hace que la empresa se preocupe por la situación actual del personal de Buff and Polish.

Como se observa en la Figura 3.1, el 48% de las lesiones reportadas durante el 2020 corresponden al personal de las áreas de Buff and Polish. Las lesiones más comunes son causadas por hiperextensiones, torceduras y golpes, principalmente en los miembros superiores: dedos, muñecas y hombros. Las lesiones generadas provocan visitas al consultorio, incapacidades y restricciones, lo cual afecta no solo la producción si no también la salud de los colaboradores a corto y largo plazo.



**Figura 3.1.** Distribución porcentual de las lesiones y enfermedades por área de trabajo en Brightpoint Costa Rica durante el 2020. Fuente: Elaboración propia.

En la empresa se brindan entre 380 y 565 consultas por mes, de las cuales aproximadamente un 13% son por afectaciones relacionadas con las actividades laborales, tales como contracturas musculares, dolencias de hombro o muñecas, cortaduras, sensibilidad por uso de sustancias químicas, entre otras.

Brightpoint Costa Rica cuenta con una política de salud y seguridad ocupacional que promueve cero lesiones en sus plantas. Por lo cual para la empresa es de gran importancia disminuir la incidencia de 6 lesiones por cada 100 colaboradores en las áreas de Buff and Polish.

El análisis de riesgo del 2020 efectuado por la Oficina de Salud Ocupacional de Brightpoint Costa Rica muestra que los principales riesgos laborales de la empresa son: riesgos disergonómicos, sustancias químicas, ruido, iluminación, calor y rayos UV. Todos ellos se encuentran en las áreas de Buff and Polish, lo cual podría explicar la cantidad de lesiones y enfermedades de estas áreas en comparación con otras áreas donde no existen tantos peligros.

Buff and Polish es un proceso que requiere del uso de máquinas, como plasma y pulidoras, que provocan ruido por la salida del plasma y el motor que tienen respectivamente. Adicionalmente, los colaboradores toman posturas disergonómicas por desconocimiento o facilidad en la producción. Lo anterior provoca que las personas que trabajan en esta área sean más propensas a sufrir enfermedades musculoesqueléticas a mediano o largo plazo que las de otras áreas de Brightpoint Costa Rica.

Actualmente existen algunos controles implementados en las áreas, como el uso de equipo de protección personal y el plan de rotación para la planta de AT&T. Sin embargo, el plan está basado en la producción y no en los principales riesgos del área (ruido y riesgos disergonómicos). Esto abre la oportunidad de mejorar el sistema actual de rotación de puestos adicionando variables características importantes como las horas máximas de trabajo según el tipo de actividad realizada. Por su parte, en iPhone el personal aún no rota debido a que aún se encuentran dentro de la curva de aprendizaje para el desarrollo de las habilidades que requiere cada puesto de trabajo.

Adicionalmente, existen muchas oportunidades de mejora para implementar controles que cumplan con la jerarquía de controles, ya que actualmente existen algunos peligros que siguen latentes como el ruido y los riesgos disergonómicos.

Productivamente, las áreas de Buff and Polish son críticas. Al menos el 40% de los teléfonos que ingresan a Brightpoint Costa Rica pasan por estas áreas y no pueden seguir el proceso productivo hasta que se finalice el pulido. Esto pone una gran presión sobre los colaboradores que deben pulir la mayor cantidad de teléfonos posible para que las demás áreas puedan continuar con el proceso. Lo cual podría provocar que, con el fin de cumplir con las metas, los colaboradores realicen las tareas de forma incorrecta y que no sigan las indicaciones de seguridad, lo cual podría aumentar la cantidad de accidentes o trastornos musculoesqueléticos.

En AT&T los colaboradores deben pulir cerca de 13 unidades por hora, mientras que en iPhone al encontrarse en entrenamiento deben pulir al menos seis. Una vez superada la etapa de entrenamiento es probable que ambas metas se incrementen, ya que la producción sigue aumentando.

La detección de las posibles soluciones para estos problemas de salud ocupacional y su potencial eliminación o disminución, son vitales para mantener la productividad de los operarios y de la planta. Los resultados de este proyecto permitirán determinar los principales riesgos y enfocar en ellos los controles. Además, funcionará como una base para desarrollar un plan de rotación más integral, de forma que se logre un ambiente de trabajo más seguro para todos los colaboradores.

## **IV. Objetivos**

### **A. Objetivo general**

Proponer un plan de mejora para la disminución de los factores de riesgo laborales relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas de Buff and Polish.

### **B. Objetivos específicos**

1. Priorizar los riesgos relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish utilizando el método FINE para la determinación de los más críticos.
2. Valorar los niveles de exposición al ruido y los riesgos disergonómicos asociados a los puestos de trabajo de las áreas de Buff and Polish considerando temas de salud y dimensiones de los colaboradores y puestos de trabajo.
3. Establecer los controles dentro de un plan de mejora para la mitigación de los principales riesgos de las áreas Buff and Polish que proporcionen una base para el desarrollo futuro de un plan de rotación.

## **V. Aspectos éticos**

Por la naturaleza de las actividades realizadas, este proyecto no se catalogó como una investigación biomédica, ya que no se realizaron pruebas invasivas o biomédicas. Las actividades son parte de las tareas diarias del quehacer de un profesional de salud ocupacional y estuvieron enfocadas en recolectar información del puesto de trabajo y del área. El proyecto no requirió de la recolección de información sensible de los colaboradores participantes, por lo que no se necesitó del consentimiento informado de la población en estudio.

Antes de iniciar el proyecto, se les explicó a los colaboradores el fin del proyecto, las actividades que se iban a realizar, la importancia para mejorar las áreas de Buff and Polish y se les consultó si deseaban participar, en caso de no aceptar se seleccionó otro trabajador. Toda la información que se recolectó fue anónima, de carácter confidencial y no será divulgada sin la autorización de la empresa y los participantes.

Los resultados del proyecto se comunicarán a las jefaturas y colaboradores de las áreas durante una reunión. En el proyecto y esta presentación se comunicarán los resultados generales, no se divulgará información específica de ningún colaborador. Además, se le entregará una copia del Trabajo Final de Graduación al Director de Operaciones de Brightpoint Costa Rica, quien dio la autorización para la ejecución del proyecto.

## **VI. Metodología**

### **A. Tipo de estudio**

Este proyecto fue de tipo descriptivo observacional y transversal, debido a que buscaba la caracterización de la exposición ocupacional a ruido y riesgos disergonómicos en los colaboradores de las áreas de Buff and Polish de Brightpoint Costa Rica. También puede considerarse como investigación aplicada ya que tuvo como objetivo utilizar el conocimiento existente en una situación real.

### **B. Población**

La población de estudio fueron los colaboradores de las áreas de Buff and Polish de las plantas de AT&T y iPhone de Brightpoint Costa Rica. El total de los colaboradores eran 135 en ambas áreas, distribuidos de la siguiente manera, en la planta AT&T, 22 colaboradores en el Turno 1 y 23 en el Turno 2. Mientras que la planta de iPhone tenía 45 trabajadores en cada turno.

Del total, 17 eran mujeres y 118 hombres, con edades que rondan entre los 19 y 53 años. La mayor parte de los colaboradores de la planta de AT&T tenían al menos dos años de laborar en el área. Por su parte, los trabajadores de la planta de iPhone tenían en promedio seis meses de laborar en el área.

Para las encuestas, la muestra consistió en la totalidad del personal que estuvo de acuerdo con participar. Para ello, en una reunión grupal se les explicó a todos los colaboradores el objetivo de la encuesta y se les dio la posibilidad de decidir si deseaban participar o no.

Para las mediciones, la selección de la muestra se hizo en conjunto con los líderes de producción. Para ello se tomaron en cuenta criterios de salud ocupacional, calidad y productividad, de forma que se asegurara que el personal seleccionado fuera el de mayor experiencia, con mayor dominio del trabajo y que siguieran los procedimientos de producción establecidos previamente.

Dentro de los criterios de salud ocupacional se consideró: que no tenga lesiones previas que condicionen su postura en el puesto de trabajo, uso adecuado de los dispositivos de seguridad necesarios para el puesto como guantes, lentes o tapones. En calidad y productividad se consideró al operario que demostrara un dominio del método de trabajo, que ya hubiera superado la curva de aprendizaje de 3 meses. Otro criterio de selección es que el trabajador evaluado conozca su método de trabajo y los aspectos de calidad de los productos, esto con el objetivo de

evaluar procesos bajo un método lo más estandarizado posible. De esta forma, las mejoras propuestas podrán ser adoptadas por los demás puestos de trabajo.

Las mediciones de cada colaborador tomaban alrededor de 1 hora, más el tiempo de transcripción y análisis de datos, se podían extender hasta 3 horas por colaborador. Por lo que por disponibilidad de tiempo, como máximo se evaluaron tres colaboradores por cada puesto de trabajo, considerando 5 puestos de trabajo fueron un total de 15 trabajadores. Las áreas de Buff and Polish cuentan con los siguientes puestos de trabajo:

- Revisión del material
- Pulido del Assy Metal (únicamente en la planta de iPhone)
- Aplicación de plasma
- Pulido de las pantallas y carcasas
- Aplicación de Rayos UV

Durante este proyecto se aplicó la ergonomía participativa. Para cada una de las etapas se mantuvo conversaciones tanto con los colaboradores como con los líderes de las áreas, de forma que se entendieran completamente todas las tareas que se ejecutaban, las posturas tomadas, así como la percepción sobre los problemas existentes. De igual forma, las medidas de control propuestas fueron analizadas con los colaboradores experimentados y con los líderes, para asegurar que fueran factibles.

### **C. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de información**

En el Cuadro 5.1 se muestra un resumen de las fases del proyecto, el objetivo asociado, variables, conceptualización, indicadores, resultados esperados y herramientas a utilizar.

**Cuadro 5.1.** Definición de variables.

| Fase              | Objetivo específico  | Variable   | Conceptualización  | Indicador                                   | Resultado esperado  | Herramienta  |
|-------------------|--|--|--|---|---|--|
| <b>Evaluación</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar los riesgos relacionados con ruido y riesgos disergonómicos de las áreas Buff and Polish utilizando el método FINE para la determinación de los más críticos</li> </ul> | Nivel de Riesgos laborales   | Definición y descripción de los peligros, donde se caracteriza su probabilidad, frecuencia y gravedad, también se evalúan las consecuencias adversas, incluidas las lesiones potenciales | Valor del Nivel de riesgo                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haber identificado los peligros y evaluado los riesgos de las áreas Buff and Polish</li> </ul>                       | Método FINE  |
|                   |  |  |  | Cantidad y tipo de riesgo por tarea         |   |  |
| <b>Medición</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorar los niveles de exposición al ruido y los riesgos disergonómicos asociados a los puestos de trabajo de las áreas de Buff and Polish</li> </ul>                             | Nivel de exposición a ruido  | Niveles de presión sonora  | Valor del nivel sonoro continuo equivalente | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haber identificado los niveles de exposición de los principales factores de riesgos físicos y ergonómicos</li> </ul> | Sonómetro  |
|                   |  | Nivel de exposición a riesgos disergonómicos por carga postural y tareas repetitivas | Factores inadecuados del sistema de trabajo, que incluye el diseño, construcción, operación, ubicación, conocimientos, habilidades, otras características de los operarios y de las      | Valor del nivel de riesgo disergonómico     |   | Celular para tomar fotos y videos                                    |
|                   |  |  |  |   |   | Cinta métrica, estadiómetro y antropómetro para mediciones estáticas |
|                   |  |  |  |   |   | Goniómetro para  |

| Fase                             | Objetivo específico  | Variable                   | Conceptualización   | Indicador                          | Resultado esperado  | Herramienta  |
|----------------------------------|--|----------------------------|---|------------------------------------|---|--|
|                                  |  |                            | interrelaciones con el entorno y el medio ambiente de trabajo.  |                                    |   | mediciones dinámicas<br>Método OWAS<br>Herramienta ART |
| <b>Análisis y plan de mejora</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer los controles dentro de un plan de mejora para la mitigación de los principales riesgos de las áreas Buff and Polish que proporcionen una base para el desarrollo futuro de un plan de rotación</li> </ul> | Determinación de controles | Acciones que permiten eliminar, sustituir o en su defecto disminuir los riesgos determinados por medio de la evaluación de riesgos. | Cantidad de controles determinados | <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecimiento de un plan con los controles propuestos, responsables y tiempo de entrega</li> </ul> | Tablas   |

## 1. Evaluación de riesgos

En esta fase inicial se analizó el proceso productivo de Buff and Polish para entender su funcionamiento y definir los peligros presentes en el área. Para ello se revisaron los procedimientos productivos, para entender el proceso e identificar los peligros presentes en el área.

Posteriormente, se realizó la evaluación de riesgo utilizando el Método FINE, lo cual brindó un diagnóstico general para enfocar el trabajo en futuras fases. Como objetivo se tiene la determinación de los principales riesgos de las áreas de Buff and Polish. La evaluación de riesgo se realizó en conjunto con los colaboradores que ejecuten cada una de las tareas. Se observaron entre 10 y 20 ciclos por cada puesto de trabajo y se seleccionaron 15 colaboradores en total, tres por cada puesto de trabajo.

Para la aplicación del Método FINE es necesario evaluar cada peligro según su Consecuencia (C), Exposición (E) y Probabilidad (P). Posteriormente se debe aplicar la siguiente fórmula para obtener el Grado de Peligrosidad (GP) (Morán Morales, 2018):

$$GP = C \cdot E \cdot P \quad \text{Ecuación No. 1}$$

El producto dio como resultado riesgos aceptables, moderados, notables, altos o muy altos (Miranda Chacón, 2020). En el Cuadro 5.2 se observan las clasificaciones que se le asignaron a cada peligro:

**Cuadro 5.2.** Valoración del riesgo según el Método FINE.

| Factor   | Clasificación   | Valor |
|--|---|-------|
| <b>Consecuencia (C) (resultado más probable de un accidente)</b> | 1. Catástrofe: numerosas muertes, daño extenso                          | 100   |
|  | 2. Múltiples víctimas mortales  | 50    |
|  | 3. Muerte   | 25    |
|  | 4. Lesiones extremadamente graves (amputación, discapacidad permanente) | 15    |
|  | 5. Lesiones con baja  | 5     |
|  | 6. Heridas leves, confusiones, golpes, pequeños daños                   | 1     |
| <b>Exposición (E) (frecuencia con que ocurre la)</b>             | 1. Continuamente (muchas veces al día)                                  | 10    |
|  | 2. Frecuentemente (aproximadamente una vez al día)                      | 6     |
|  | 3. Ocasionalmente (de una vez por semana a una vez al mes)              | 3     |
|  | 4. De forma extraordinaria (de una vez al mes a una vez al año)         | 2     |
|  | 5. Raramente (se sabe que ocurre)                                       | 1     |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| <b>situación de riesgo)</b>   | 6. Remotamente posible (no se sabe que haya ocurrido)                                     | 0.5 |
| <b>Probabilidad (P) (probabilidad de que la secuencia de accidente se complete)</b> | 1. Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene lugar          | 10  |
|   | 2. Es completamente posible, nada extraño, tiene una probabilidad del 50%                 | 6   |
|   | 3. Sería una secuencia o coincidencia rara  | 3   |
|   | 4. Sería una coincidencia remotamente posible. Se sabe que ha ocurrido                    | 1   |
|   | 5. Extremadamente remota pero concebible. Nunca ha sucedido en muchos años de exposición  | 0.5 |
|   | 6. Secuencia o coincidencia prácticamente imposible (probabilidad de una entre un millón) | 0.1 |

Fuente: Miranda Chacón, L. (2020).

Posteriormente los riesgos se evaluaron contra la clasificación del Cuadro 5.3:

**Cuadro 5.3.** Clasificación del riesgo según el Método FINE.

| Grado de Peligrosidad  | Clasificación del riesgo            | Actuación                                  |
|------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Mayor de 400</b>    | Riesgo muy alto (grave e inminente) | Detención inmediata de la actividad        |
| <b>Entre 200 y 400</b> | Riesgo alto                         | Corrección inmediata                       |
| <b>Entre 70 y 200</b>  | Riesgo notable                      | Corrección necesaria urgente               |
| <b>Entre 20 y 70</b>   | Riesgo moderado                     | Debe corregirse, pero no es una emergencia |
| <b>Menor a 20</b>      | Riesgo aceptable                    | Puede omitirse corrección                  |

Fuente: Miranda Chacón, L. (2020).

La información obtenida después de aplicar el Método FINE se validó con los líderes de las áreas, para asegurar su veracidad. Para ello se realizó una reunión con cada líder y se les presentaron los resultados obtenidos.

## 2. Medición

Para esta fase se realizaron mediciones enfocadas en ruido y los riesgos disergonómicos. En el caso del ruido se muestrearon 8 trabajadores que realizaran tareas representativas o críticas (aplicación del plasma, pulido de pantallas y carcasas). Basándose en la información de esas muestras de ruido, se determinó si se requerían más muestras de ruido en las áreas o un mayor número de trabajadores muestreados para lograr un nivel de confianza del 95% y un error del 5%. Se tomaron lecturas del nivel de ruido equivalente Leq de 60 segundos, con intervalos cada

hora, entre las 8:00 y las 17:00 horas. Para las mediciones de ruido se seguirá la norma *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*.

Para ello se siguieron los siguientes pasos (INSHT, 1991):

- Identificación de los puestos de trabajo que requieren ser evaluados.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.
- Descripción del ciclo de trabajo, de forma que se puedan establecer cuáles grupos son homogéneos debido a que cuentan con una exposición equivalente.

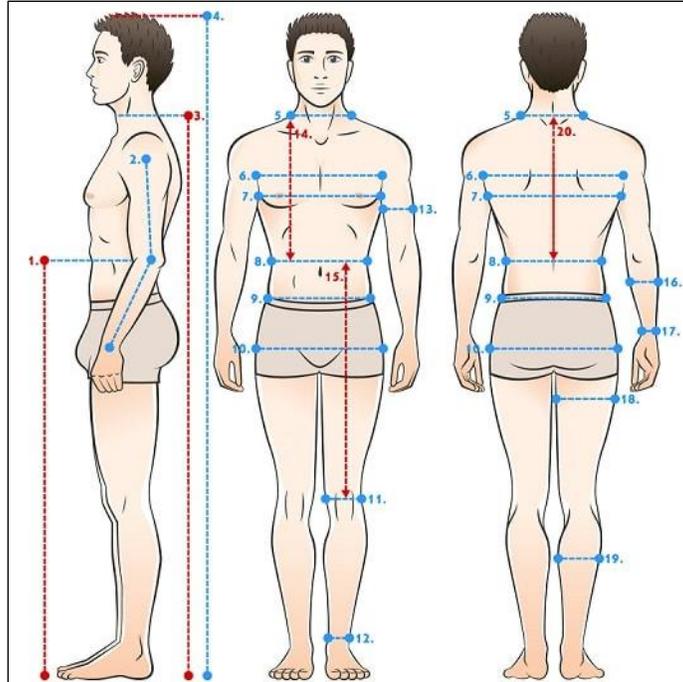
Para la toma de muestras de medición de ruido se utilizó un sonómetro marca Extech, modelo 407750.

Para el estudio ergonómico se aplicó una encuesta de molestias en el personal participante. Aunque esta es una herramienta que refleja aspectos de salud, permitió complementar el análisis ergonómico para focalizar la atención en las áreas que presentan mayores molestias para el trabajador. Para la encuesta se utilizó el formato del Laboratorio de Ergonomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ver Anexo 1).

La encuesta se aplicó durante la primera pausa activa del turno que se realiza tres horas después de iniciada la jornada. En una reunión grupal, se les explicó a todos los colaboradores el objetivo de la encuesta y se les dio la posibilidad de decidir si deseaban participar o no. Todas las encuestas fueron anónimas, no se le solicitó el nombre al personal.

Posteriormente se tomó una muestra del personal total de las áreas de Buff and Polish, se analizaron tres colaboradores por cada puesto de trabajo descrito previamente. La selección de los operarios dentro de un mismo tipo de puesto fue bajo criterio de salud ocupacional, calidad y productividad (ver Sección VI.B). Las mediciones se realizaron en dos etapas:

1. Medición de puesto de trabajo: Para la medición del puesto de trabajo se midieron las dimensiones (profundidad, alturas de trabajo, altura de las mesas).
2. Mediciones del trabajador relacionadas con el puesto de trabajo:
  - a. Se realizaron mediciones estáticas utilizando el estadiómetro y antropómetro. Todas las mediciones se realizaron por encima de la ropa de los colaboradores. En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran ejemplos de las mediciones estáticas y los instrumentos que se utilizaron.



**Figura 5.1.** Ejemplo de mediciones estáticas en los colaboradores. Fuente: Montañó, 2020.

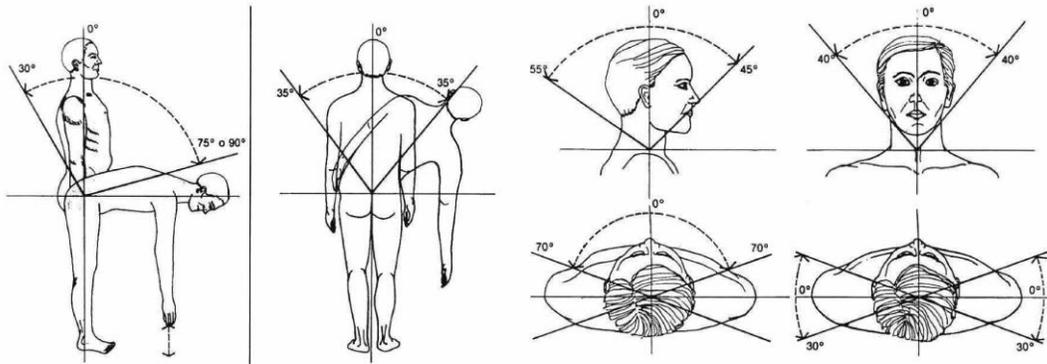


**Figura 5.2.** Ejemplo de estadiómetro. Fuente: Rehabmedic, s.f.

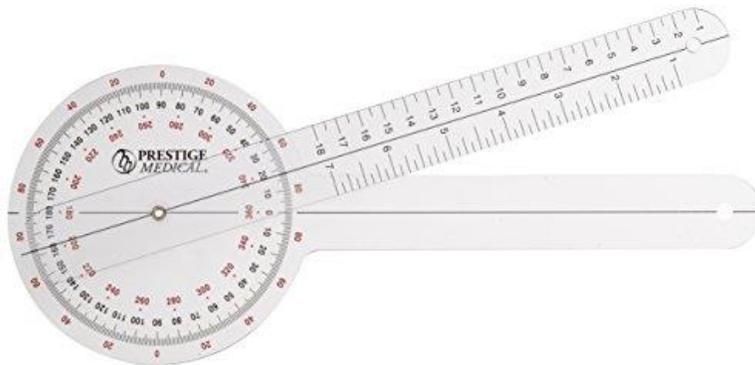


**Figura 5.3.** Ejemplo de antropómetro. Fuente: Sonmedica, s.f.

- b. Posteriormente se realizaron mediciones dinámicas utilizando un goniómetro. Para realizar estas mediciones se documentó por medio de videos y fotografías al menos 10 ciclos de trabajo, donde se capturaron de forma representativa los elementos de ciclos. Esto se complementó con la observación directa de la tarea. En las figuras 5.4 y 5.5 se muestran ejemplos de las mediciones dinámicas y el goniómetro.



**Figura 5.4.** Ejemplo de posiciones dinámicas. Fuente: Muniagurria & Baravalle, s.f.



**Figura 5.5.** Ejemplo de goniómetro. Fuente: García, 2021.

Las mediciones del puesto de trabajo y del colaborador permitieron guiar las evaluaciones ergonómicas y proponer futuras mejoras. De forma que se tengan insumos suficientes para establecer los controles que sean necesarios.

Tomado como base la información anterior se aplicaron las evaluaciones ergonómicas utilizando el Método OWAS y la herramienta ART. El Método OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System) fue desarrollado entre 1974 y 1978 por la empresa Ovako Oy en conjunto con el Instituto Finlandés de Salud Laboral para la Industria Siderúrgica, posteriormente empezó a ser aplicado en otras industrias y en construcción (INSHT, 2015).

Para la aplicación del Método se siguieron los siguientes pasos para el análisis de los videos y la observación directa (INSHT, 2015):

- Observación de la tarea: en este paso se determinó si existen diferentes actividades como parte de cada tarea. También se estableció la duración de cada tarea.
- Registro de posturas: para cada tarea se registraron las posturas y el esfuerzo realizado. El registro se hizo utilizando el celular, antropómetros y cintas métricas para medición de puestos.
- Evaluación de las posturas registradas:
  - Paso 1: Situar el valor determinado para la espalda, en la primera columna del Cuadro 3
  - Paso 2: Para este valor, buscar en la segunda columna el valor correspondiente a la postura de los brazos
  - Paso 3: En la primera fila del Cuadro 5.4, buscar el código relativo a la postura de las piernas
  - Paso 4: Para este último valor, situar el código del uso de fuerza sobre la fila correspondiente
  - Paso 5: El valor final de la evaluación estaba en la casilla situada en el cruce de la fila obtenida en el paso 2 con la columna obtenida en el paso 4
  - Paso 6: El valor final se encontró en una de las siguientes categorías:
    - Categoría de acción 1: no se requieren medidas correctoras
    - Categoría de acción 2: se requieren medidas correctoras en un futuro cercano
    - Categoría de acción 3: se requieren medidas correctoras tan pronto como sea posible
    - Categoría de acción 4: se requieren medidas correctoras inmediatas
  - Paso 7: Según la categorización, se establecieron los plazos para el plan de mejora
- Evaluación de la aceptabilidad de las posturas por el tiempo de exposición: el método OWAS permite evaluar la aceptabilidad de la postura en función del tiempo de exposición por medio del Cuadro 5.5.

**Cuadro 5.4.** Evaluación de posturas según el Método OWAS.

| Espalda | Brazo | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | Piernas | Uso de fuerza |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------------|
|         |       | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 | 1 2 3 |         |               |
| 1       | 1     | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 2 2 2 | 2 2 2 | 1 1 1 | 1 1 1 |         |               |
|         | 2     | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 2 2 2 | 2 2 2 | 1 1 1 | 1 1 1 |         |               |
|         | 3     | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 1 | 2 2 3 | 2 2 3 | 1 1 1 | 1 1 2 |         |               |
| 2       | 1     | 2 2 3 | 2 2 3 | 2 2 3 | 3 3 3 | 3 3 3 | 2 2 2 | 2 3 3 |         |               |
|         | 2     | 2 2 3 | 2 2 3 | 2 3 3 | 3 4 4 | 3 4 4 | 3 3 4 | 2 3 4 |         |               |
|         | 3     | 3 3 4 | 2 2 3 | 3 3 3 | 3 4 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 2 3 4 |         |               |
| 3       | 1     | 1 1 1 | 1 1 1 | 1 1 2 | 3 3 3 | 4 4 4 | 1 1 1 | 1 1 1 |         |               |
|         | 2     | 2 2 3 | 1 1 1 | 1 1 2 | 4 4 4 | 4 4 4 | 3 3 3 | 1 1 1 |         |               |
|         | 3     | 2 2 3 | 1 1 1 | 2 3 3 | 4 4 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 1 1 1 |         |               |
| 4       | 1     | 2 3 3 | 2 2 3 | 2 2 3 | 4 4 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 2 3 4 |         |               |
|         | 2     | 3 3 4 | 2 3 4 | 3 3 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 2 3 4 |         |               |
|         | 3     | 4 4 4 | 2 3 4 | 3 3 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 4 4 4 | 2 3 4 |         |               |

Fuente: INSHT (2015).

**Cuadro 5.5.** Valoración de la postura por el tiempo de exposición.

|         |                                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|--------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Espalda | 1 erguida                            | 1   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|         | 2 inclinada adelante                 | 1   | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
|         | 3 girada                             | 1   | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
|         | 4 girada e inclinada                 | 1 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Brazos  | 1 ambos por debajo de los hombros    | 1   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|         | 2 uno por encima hombro              | 1   | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
|         | 3 ambos por encima hombros           | 1   | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Piernas | 1 sentado                            | 1   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
|         | 2 de pie con ambas piernas estiradas | 1   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
|         | 3 de pie con una pierna estirada     | 1   | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
|         | 4 ambas rodillas dobladas            | 1 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
|         | 5 una rodilla doblada                | 1 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
|         | 6 arrodillado                        | 1   | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
|         | 7 andando                            | 1   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

**Porcentaje del tiempo de trabajo**    0%            20%            40%            60%            80%            100%

Fuente: INSHT (2015).

La Herramienta ART del Health and Safety Executive (HSE) se utilizó para evaluar el riesgo de tareas que requieren movimientos repetitivos de las extremidades superiores (brazos y manos), para ello se siguieron los siguientes pasos (Health and Safety Executive, s.f.):

- Observación de la tarea: se analizaron las tareas y se determinaron cuáles cuentan con movimientos repetitivos. En este punto se consultaron los tiempos de descanso, como tiempos de comida y pausas activas.
- Evaluación de la tarea: Se utilizó el formato mostrado en el Anexo 2, la evaluación se dividió en cuatro etapas:
  - Etapa A: Frecuencia y repetición de movimientos;
  - Etapa B: Fuerza;
  - Etapa C: posturas incómodas; y
  - Etapa D: Factores adicionales.

Para cada etapa, los riesgos se clasificaron en riesgo bajo (verde), moderado (amarillo) y alto (rojo).

- Análisis de los resultados: Por medio del cuadro 5.6 se interpretaron los resultados obtenidos después de aplicar la herramienta para cada brazo.

**Cuadro 5.6.** Categorización de los resultados según la aplicación de la herramienta ART.

| Valor de exposición | Nivel de exposición obtenido |   |
|---------------------|------------------------------|---|
| 0-11                | Bajo                         | Considerar circunstancias individuales  |
| 12-21               | Medio                        | Requiere más investigación              |
| 22 o más            | Alto                         | Requiere más investigación urgentemente |

Fuente: HSE (s.f.)

### 3. Análisis

En la tercera fase se analizaron los datos obtenidos en las dos fases previas (evaluación y medición), de forma que se pudieran priorizar los resultados obtenidos para identificar oportunidades de mejora en las áreas de Buff and Polish.

Para el ruido, los resultados obtenidos fueron comparados contra los límites de exposición establecidos en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones de Costa Rica. Mientras que para el estudio ergonómico se analizaron estadísticamente los resultados de las mediciones (media, mediana, desviación estándar). Además, se analizaron los resultados de las

herramientas OWAS y ART, de forma que se pudieran priorizar los puestos de trabajo más críticos.

#### **4. Plan de mejora**

En esta fase se diseñaron las propuestas de controles para eliminar o minimizar los riesgos determinados en las fases de evaluación y medición. Se espera que los controles propuestos sirvan como base para el plan de rotación de Brightpoint Costa Rica.

## **VII. Alcances y limitaciones del trabajo**

### **A. Alcance**

El presente proyecto es de tipo descriptivo, ya que tiene como finalidad proponer un plan de mejora que permita establecer los principales controles para las áreas de Buff and Polish de Brightpoint Costa Rica para disminuir los riesgos a los cuales los colaboradores están expuestos. El plan está basado en los resultados de la identificación y evaluación del ruido y riesgos disergonómicos de las áreas de Buff and Polish. Se espera que el plan de mejora funcione como base para el plan de rotación de Brightpoint Costa Rica.

Por la disponibilidad de tiempo, el proyecto no realiza un análisis de costo-beneficio de la inversión para implementar el plan de mejora en su totalidad. Tampoco se realiza la ejecución del plan de mejora como parte del presente proyecto, únicamente se hace la propuesta de los controles y un cronograma para su realización.

### **B. Limitaciones**

La principal limitación es que el proyecto está enfocado en las áreas de Buff and Polish de Brightpoint Costa Rica. Debido al alcance del proyecto, no se estableció la variabilidad antropométrica de la población, razón por la cual no se pueden generalizar los resultados obtenidos en este proyecto a otras áreas de Buff and Polish a nivel mundial o a actividades similares.

## VIII. Análisis de la situación actual

### A. Evaluación de riesgos

De acuerdo con la metodología propuesta el primer paso es la caracterización mediante la observación de los procesos productivos con el objetivo de entenderlos e identificar los peligros presentes. Para ello se seleccionaron tres puestos de cada una de las tareas de acuerdo con lo descrito en la metodología (ver Sección VI.B). Posteriormente se aplicó el Método FINE para determinar los principales riesgos de las áreas de Buff and Polish.

En el Cuadro 8.1 se muestra un resumen de los puestos de trabajo seleccionados para aplicar el Método FINE.

**Cuadro 8.1.** Resumen de los puestos de trabajo analizados con el Método FINE.

| Puesto de trabajo                     | Descripción  |
|---------------------------------------|--|
| Revisión del material                 | Revisión visual del material para determinar sus características y establecer qué pasos requiere |
| Pulido del Assy Metal (planta iPhone) | Pulido y brillo del assy metal (parte metálica de los iPhone) utilizando las máquinas Foredom    |
| Aplicación de plasma                  | Eliminación de la capa oleofóbica de las pantallas de los celulares                              |
| Pulido de las pantallas y carcasas    | Pulido de las pantallas y carcasas de los teléfonos utilizando las máquinas Glasstar             |
| Aplicación de Rayos UV                | Aplicación de un producto químico para que los celulares recuperen su capa oleofóbica            |

Como resultado de este análisis el factor más crítico fue el ruido, que obtuvo un nivel de 900, seguido de los movimientos repetitivos y la aplicación de fuerza con un nivel de 300. En el Cuadro 8.2 se muestra la clasificación del riesgo de las áreas de Buff and Polish después de aplicar el Método FINE. En el Apéndice 1 se muestra la evaluación de riesgos completa.

**Cuadro 8.2.** Principales riesgos de las áreas Buff and Polish según el Método FINE.

| Clasificación del riesgo        | Peligro  |
|---------------------------------|--|
| Riesgo muy alto (mayor de 400)  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ruido</li></ul>  |
| Riesgo alto (entre 200 y 400)   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Movimientos repetitivos</li><li>• Aplicación de fuerza</li></ul> |
| Riesgo notable (entre 70 y 200) | <ul style="list-style-type: none"><li>• Posturas inadecuadas</li></ul>                                   |

| Clasificación del riesgo               | Peligro  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos penetrantes o filosos</li> <li>• Calor (plasma)</li> <li>• Proyección de partículas</li> </ul>  |
| <b>Riesgo moderado (entre 20 y 70)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Vibración</li> <li>• Mecanismos en movimiento</li> <li>• Sustancias químicas</li> <li>• Polvo</li> <li>• Humos (plasma)</li> </ul> |

Para efectos de este proyecto, las mediciones se enfocarán en los riesgos clasificados como “muy alto” y “alto”, los cuales son ruido, movimientos repetitivos y la aplicación de fuerza.

## B. Mediciones de ruido

Se realizaron mediciones en 9 puestos de trabajo, 4 en la planta de AT&T y 5 en la planta de iPhone durante 8 horas. En el cuadro 8.3 se muestran los valores promedio de las mediciones, mientras que en el Apéndice 2 se muestran todas las mediciones realizadas.

**Cuadro 8.3.** Valores promedio de las mediciones de ruido.

| Puesto de trabajo            | Planta AT&T (dB) | Planta iPhone (dB) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| <b>Revisión del material</b> | 77,3             | 78,8               |
| <b>Assy metal</b>            | No aplica        | 75,8               |
| <b>Aplicación de plasma</b>  | 85,4             | 88,4               |
| <b>Pulido</b>                | 76,0             | 72,5               |
| <b>Máquina UV</b>            | 77,1             | 83,8               |

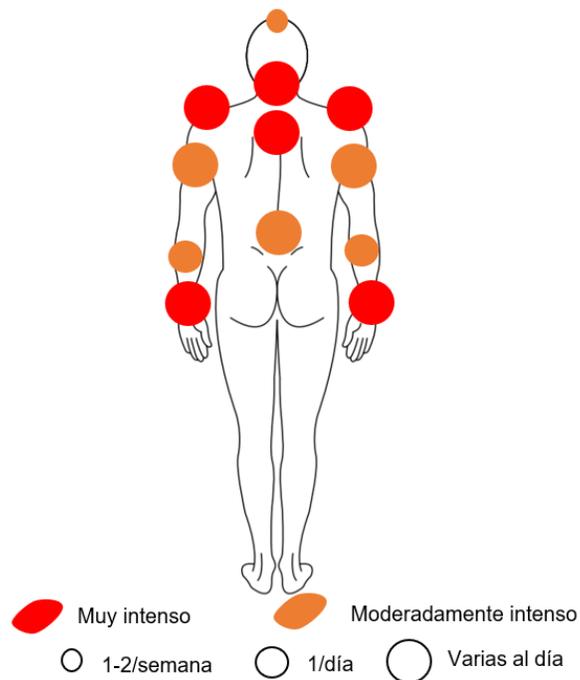
Como se observa en el cuadro 8.3 la aplicación de plasma es la tarea con mayor exposición a ruido con 85,4 dB en la planta AT&T y 88,4 dB en la planta iPhone. Por su parte, en la planta de iPhone la tarea máquina UV se encuentra muy cercana a los 85 dB, aunque esto se debe principalmente a que se encuentra justo al lado de la máquina de plasma. Con respecto a la tarea de pulido, aunque no supera los 80 dB en promedio, en algunas mediciones los niveles aumentan por el uso esporádico del aire comprimido (ver Apéndice 2).

Ninguna de las otras tareas de Buff and Polish genera ruido, sin embargo, la máquina de plasma provoca que se incremente la exposición. Las máquinas de plasma provocan exposición a ruido cuando lanzan el rayo de ozono. Actualmente estas máquinas se encuentran encerradas por unas mamparas de acrílico con aberturas al frente para que los colaboradores puedan colocar los celulares con mayor facilidad y rapidez, provocando que este aislamiento no sea eficiente en la disminución de los niveles de ruido. Además, las máquinas de plasma cuentan con un sistema de extracción que provoca ruido siempre que esté encendido.

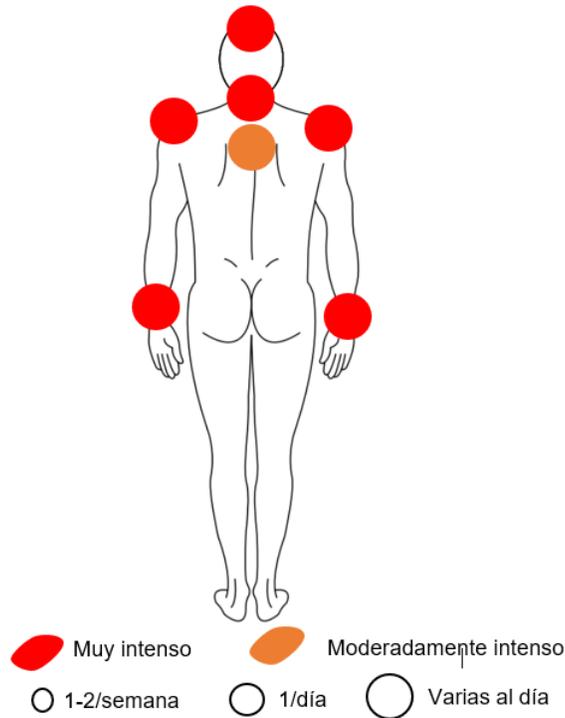
### C. Encuesta de molestias

Para conocer y evaluar las zonas corporales de los trabajadores con mayor exposición se aplicó la encuesta de molestias. Como se mencionó en la metodología se aplicó en las primeras tres horas de la jornada. En total 62 colaboradores participaron de la encuesta de molestias: 26 personas de AT&T y 36 personas de iPhone, 4 mujeres y 58 hombres.

En la Figura 8.1 se muestran las principales partes del cuerpo en las que los colaboradores de AT&T presentan dolor y con qué intensidad. Mientras que en la Figura 8.2 se muestran los mismos resultados para iPhone. En el Apéndice 3 se muestran los resultados completos de las encuestas.



**Figura 8.1.** Principales partes del cuerpo en las que los colaboradores de AT&T presentan dolor, su intensidad y frecuencia.



**Figura 8.2.** Principales partes del cuerpo en las que los colaboradores de iPhone presentan dolor y su intensidad.

En la Figura 8.3 se muestra la frecuencia en la que el personal de ambas plantas ha sentido dolor. Los resultados de las encuestas concuerdan con lo observado durante la evaluación de riesgos. Según el Método FINE los movimientos repetitivos y la aplicación de fuerza están clasificados como riesgo alto. Durante el análisis de las tareas se observó que los movimientos repetitivos y la fuerza se realizan principalmente con las manos y las muñecas, las cuales según las encuestas son las que generan más molestias en los trabajadores.

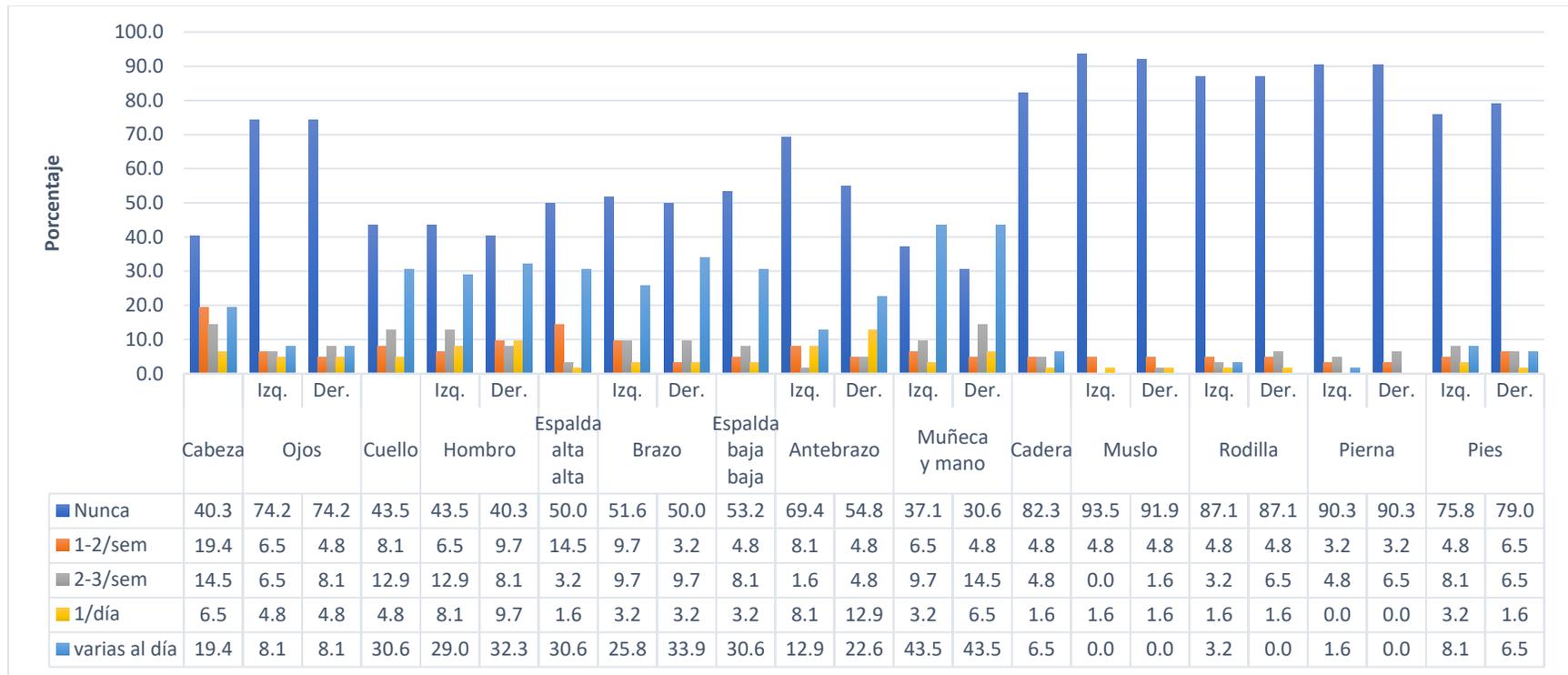
27 colaboradores indican que presentan dolor varias veces al día en las manos y muñecas, seguidas del brazo derecho (21 colaboradores), hombro derecho (20 colaboradores), espalda alta (19 colaboradores) y espalda baja (19 colaboradores) respectivamente, lo cual probablemente está relacionado con las malas posturas que adquieren los colaboradores en sus puestos de trabajo. Mientras que las extremidades inferiores y los ojos son los que menor frecuencia de dolor presentan, desde nunca hasta 2-3 veces por semana (ver Figura 8.3).

Casi el 60% de la población indica que presenta dolores de cabeza con frecuencias que varían de 1-2 veces por semana hasta varias veces al día. Estos dolores pueden estar relacionados con los niveles de ruido de las áreas (ver Cuadro 8.3).

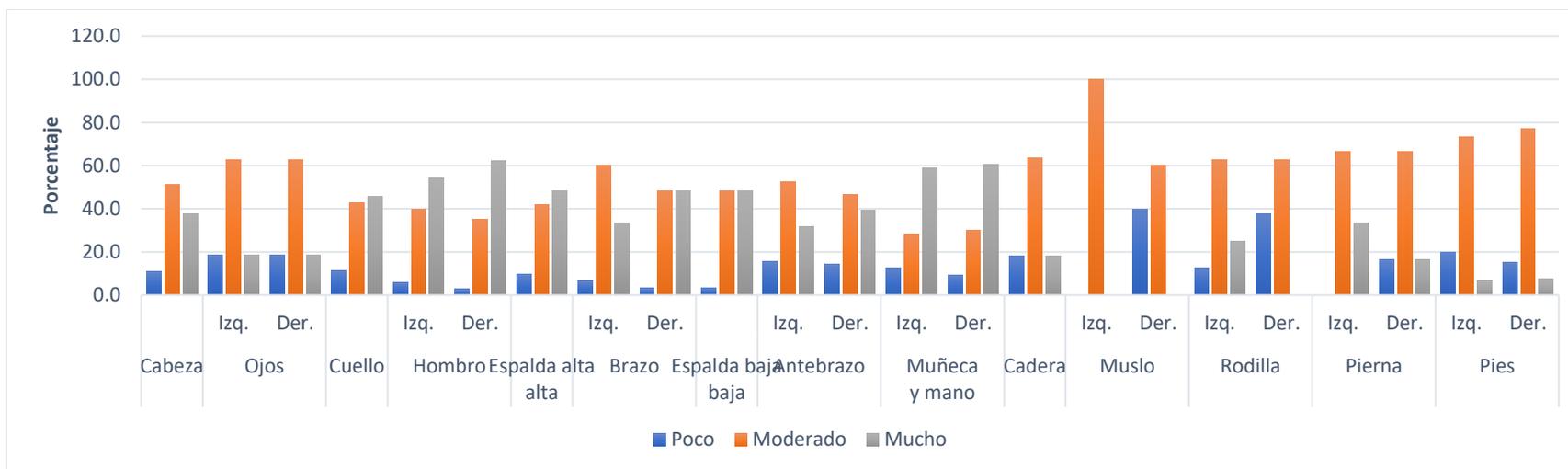
Por su parte, la Figura 8.4 muestra que cuando existe dolor, las partes del cuerpo que más interfieren con el trabajo son muñecas y manos (derechas e izquierdas). El 43,5% de los colaboradores manifiestan dolor en las muñecas y las manos, tanto derechas como izquierdas, de los cuales el 60% ha experimentado un dolor muy intenso y un 29% un dolor moderadamente intenso (ver Figura 8.4). Según se observa en la Figura 8.5 menos del 5% de la población considera que el dolor no interfiere con su trabajo.

Alrededor del 30% de los colaboradores indican que el cuello, los hombros, el brazo derecho, la espalda alta y baja duelen varias veces al día (ver Figura 8.4). Más del 45% de los trabajadores indican que para estas partes del cuerpo el dolor es muy intenso o al menos moderado (ver Figura 8.5). El dolor en estas partes del cuerpo puede estar relacionado con los movimientos repetitivos y la fuerza aplicada durante las tareas, así como con las malas posturas de los colaboradores.

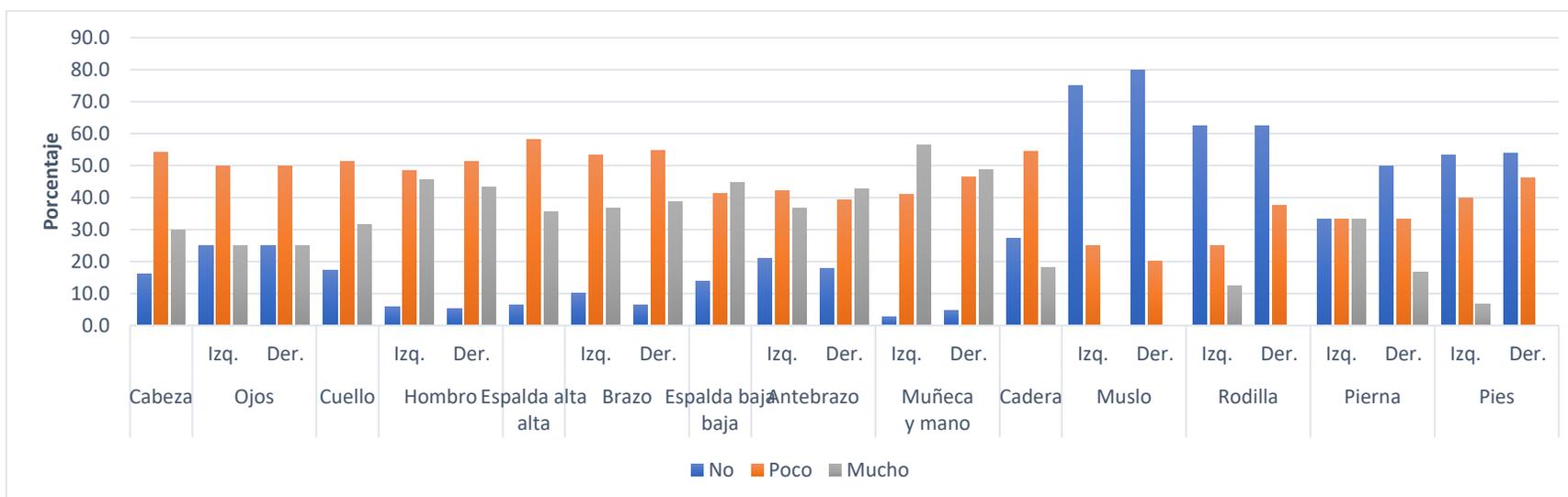
El 100% de la población manifestó algún tipo de dolor en alguna parte del cuerpo. Esto puede ser un reflejo de que los controles actuales no son lo suficientemente efectivos para evitar lesiones en la población. Por ejemplo, aunque el personal realiza rotaciones entre puestos, estas no están fundamentadas en las necesidades de descanso que requiere cada colaborador según el tipo de tarea que ejecuta y el tiempo en el que lo hace.



**Figura 8.3.** Distribución porcentual de la localización del dolor y el número de veces que se presenta por día y semanas, en los colaboradores del área de Buff and Polish.



**Figura 8.4.** Distribución porcentual de la intensidad del dolor por parte del cuerpo.



**Figura 8.5.** Distribución porcentual de la interferencia del dolor con la ejecución del trabajo.

## D. Mediciones de los puestos de trabajo

Las mediciones de los puestos de trabajo, en conjunto con las mediciones estáticas y dinámicas de los colaboradores, permitirán analizar la relación que existe con los resultados de la encuesta de molestias.

Para cada tarea se realiza una, dos o tres mediciones según la cantidad total de puestos de trabajo. Únicamente las tareas de pulido y Assy Metal cuentan con más de tres puestos de trabajo. En el cuadro 8.4 se presenta un resumen de la cantidad de puestos que fueron evaluados. En iPhone todos los puestos de trabajo son iguales, por lo que se seleccionan los puestos de trabajo vacíos al momento de las mediciones para interferir lo menos posible con la producción.

**Cuadro 8.4.** Resumen de puestos seleccionados para la evaluación.

| Puesto de trabajo     | Planta AT&T         |                       | Planta iPhone       |                       |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|                       | Cantidad disponible | Cantidad seleccionada | Cantidad disponible | Cantidad seleccionada |
| Revisión del material | 2 puestos           | 2 puestos             | 2 puestos           | 2 puestos             |
| Assy metal            | No aplica           | No aplica             | 10 puestos          | 3 puestos             |
| Aplicación de plasma  | 2 puestos           | 2 puestos             | 2 puestos           | 2 puestos             |
| Pulido                | 10 puestos          | 3 puestos             | 50 puestos          | 3 puestos             |
| Máquina UV            | 1 puesto            | 1 puesto              | 1 puesto            | 1 puesto              |

Por su parte, en AT&T casi todos los puestos de trabajo son diferentes, de forma que se seleccionan los puestos con ayuda de los líderes de área y colaboradores. La selección se hizo basada en las diferencias más extremas, es decir se seleccionaron los puestos de trabajo más altos y los más bajos según las indicaciones de los líderes y colaboradores.

En el cuadro 8.5 se muestran las mediciones de los puestos de trabajo de la planta AT&T y en el cuadro 8.6 las de los puestos de trabajo de la planta iPhone:

**Cuadro 8.5.** Mediciones de los puestos de trabajo de la planta AT&T.

| Puestos de trabajo                   |          | Mesa de trabajo     |                              | Descansapiés<br>(cm) | Motor de<br>máquina de<br>pulido |               | Altura de<br>trabajo<br>(cm) | Silla          |                     |               |
|--------------------------------------|----------|---------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------|----------------|---------------------|---------------|
|                                      |          | Profundidad<br>(cm) | Altura de<br>la mesa<br>(cm) |                      | Altura<br>(cm)                   | Ancho<br>(cm) |                              | Altura<br>(cm) | Profundidad<br>(cm) | Ancho<br>(cm) |
| <b>Revisión<br/>del<br/>material</b> | Puesto 1 | 76,3                | 67,8                         | 19,5                 | N.A.                             | N.A.          | 76,3                         | 56             | 45,8                | 46,8          |
|                                      | Puesto 2 | 76,3                | 67,8                         | 19,5                 | N.A.                             | N.A.          | 76,3                         | 56             | 45,8                | 46,8          |
| <b>Aplicación<br/>de plasma</b>      | Puesto 1 | 76,3                | 67,5                         | 19                   | N.A.                             | N.A.          | 92,8                         | 56             | 50,6                | 50            |
|                                      | Puesto 2 | 76                  | 70                           | 19,5                 | N.A.                             | N.A.          | 95,5                         | 56             | 45,8                | 46,8          |
| <b>Pulido</b>                        | Puesto 1 | 76                  | 74,2                         | 34                   | 57,2                             | 16            | 97,2                         | 59,8           | 43                  | 46,5          |
|                                      | Puesto 2 | 76,3                | 72,3                         | 24,5                 | 55                               | 18,2          | 94,5                         | 63,2           | 43                  | 46,5          |
|                                      | Puesto 3 | 76,5                | 74,6                         | 22,5                 | 56                               | 16,5          | 99                           | 60             | 43                  | 46,5          |
| <b>Máquina<br/>UV</b>                | Puesto 1 | 76,2                | 69,5                         | 21,3                 | N.A.                             | N.A.          | 79,5                         | 44,5           | 50                  | 49            |

N.A.: No aplica

**Cuadro 8.6.** Mediciones de los puestos de trabajo de la planta iPhone.

| Puestos de trabajo           |          | Mesa de trabajo     |                           | Descansapiés<br>(cm) | Motor de máquina pulido |               | de Altura de trabajo<br>(cm) | Silla          |                     |               |
|------------------------------|----------|---------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------|------------------------------|----------------|---------------------|---------------|
|                              |          | Profundidad<br>(cm) | Altura de la mesa<br>(cm) |                      | Altura<br>(cm)          | Ancho<br>(cm) |                              | Altura<br>(cm) | Profundidad<br>(cm) | Ancho<br>(cm) |
| <b>Revisión del material</b> | Puesto 1 | 76                  | 75,8                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 61,4           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 2 | 76                  | 75,8                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 60,9           | 44,3                | 46,1          |
| <b>Assy Metal</b>            | Puesto 1 | 76                  | 75,5                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 63,5           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 2 | 76                  | 75,5                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 62,9           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 3 | 76                  | 75,8                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 63,2           | 44,3                | 46,1          |
| <b>Aplicación de plasma</b>  | Puesto 1 | 76                  | 75,5                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 108,1                        | 73,6           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 2 | 76                  | 75,5                      | 29                   | N.A.                    | N.A.          | 106,5                        | 65,9           | 44,3                | 46,1          |
| <b>Pulido</b>                | Puesto 1 | 76                  | 75,5                      | 29,3                 | 64,7                    | 13            | 104,8                        | 60,8           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 2 | 76                  | 75,7                      | 29,9                 | 64,8                    | 13            | 105,5                        | 64,5           | 44,3                | 46,1          |
|                              | Puesto 3 | 76                  | 75,7                      | 29,9                 | 64,7                    | 13            | 105,3                        | 61,2           | 44,3                | 46,1          |
| <b>Máquina UV</b>            | Puesto 1 | 76                  | 75,8                      | 29,9                 | N.A.                    | N.A.          | 76                           | 72,4           | 44,3                | 46,1          |

N.A.: No aplica

## E. Mediciones de los trabajadores

Las mediciones de los trabajadores junto con las mediciones de los puestos de trabajo permitirán entender si será necesario realizar ajustes en los puestos de trabajo para adecuarlos a los trabajadores. En el cuadro 8.7 se muestran las mediciones estáticas de los colaboradores por puesto de trabajo:

**Cuadro 8.7.** Mediciones estáticas de los colaboradores.

|                              | Altura (cm) | Altura al codo, sentado (cm) | Largura del brazo desde la vertical (cm) | Anchura de muslos, sentado (cm) | Largura de rodilla, sentado (cm) |
|------------------------------|-------------|------------------------------|--|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Revisión del material</b> |             |                              |  |                                 |                                  |
| Colaborador 1                | 173         | 76,3                         | 80                                       | 45,6                            | 55                               |
| Colaborador 2                | 173         | 76,8                         | 82                                       | 52                              | 59                               |
| Colaborador 3                | 176         | 78,1                         | 83                                       | 51,6                            | 61                               |
| <b>Assy Metal</b>            |             |                              |  |                                 |                                  |
| Colaborador 1                | 174         | 89                           | 85                                       | 47                              | 61                               |
| Colaborador 2                | 161         | 89                           | 73,8                                     | 40                              | 55                               |
| Colaborador 3                | 170         | 79,8                         | 81                                       | 46                              | 59                               |
| <b>Plasma</b>                |             |                              |  |                                 |                                  |
| Colaborador 1                | 178         | 83                           | 83                                       | 42                              | 57                               |
| Colaborador 2                | 178         | 86,8                         | 85                                       | 46                              | 57                               |
| Colaborador 3                | 169         | 76,9                         | 79                                       | 51                              | 54                               |
| <b>Pulido</b>                |             |                              |  |                                 |                                  |
| Colaborador 1                | 186         | 91,2                         | 94                                       | 51                              | 65                               |
| Colaborador 2                | 184         | 84                           | 89                                       | 48                              | 61,5                             |
| Colaborador 3                | 173         | 84,2                         | 82                                       | 49,5                            | 56,5                             |
| <b>Máquina UV</b>            |             |                              |  |                                 |                                  |
| Colaborador 1                | 178         | 92,6                         | 81                                       | 51,5                            | 58,8                             |
| Colaborador 2                | 174         | 88                           | 85                                       | 50                              | 62                               |
| Colaborador 3                | 173         | 75                           | 81                                       | 47,8                            | 56,5                             |

Como los colaboradores rotan entre los diferentes puestos durante la semana según las necesidades de producción, se analizaron los puestos de trabajo para todos los colaboradores y no únicamente para quienes desempeñaban las labores durante la toma de las medidas.

Si se comparan las dimensiones de los colaboradores (ver cuadro 8.7) contra las de los puestos de trabajo (ver cuadros 8.5 y 8.6), se puede denotar que la profundidad de las mesas es acorde a las dimensiones de los colaboradores. El percentil 5% de la largura del brazo es de 77,4 cm y en promedio la profundidad de las mesas es de 76,1 cm, por lo que se puede asegurar que la profundidad de las mesas está diseñada para el percentil 95%.

Con respecto a la altura de trabajo, se observa que para algunas tareas la altura es apropiada (revisión del material y máquina UV), ya que la altura de la mesa (promedio: 76,5 cm) concuerda la altura al codo (percentil 25%: 76,6 cm), por lo que la altura de la mesa es apta para el percentil 75%. Mientras que para otras tareas la altura es excesiva (aplicación de plasma y pulido). Para la aplicación de plasma la altura de la mesa es en promedio 100,7 cm, pero la altura del codo es como máximo (percentil 100%) de 86,8 cm, por lo que para todos los colaboradores la altura de la mesa es muy alta. Todos los colaboradores están sentados; no obstante, las sillas no tienen la posibilidad de aumentar la altura hasta que sea acorde a la de la mesa de trabajo.

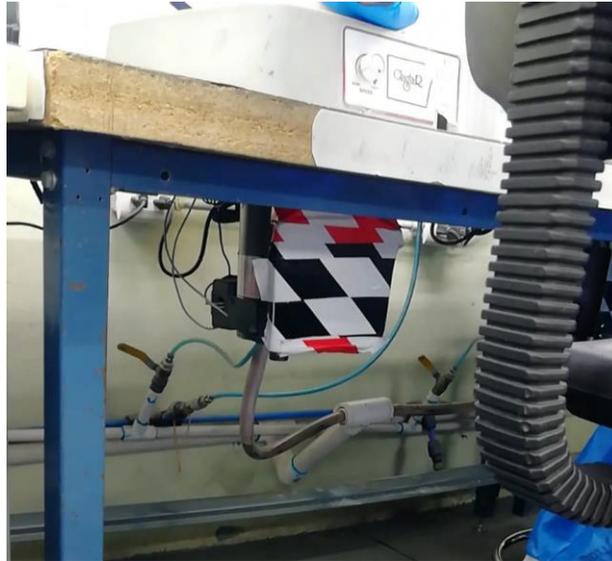
Otro aspecto para resaltar es que los colaboradores colocan los celulares en la máquina y luego vuelven a poner los brazos una posición de descanso (al lado del cuerpo). Esta acción se realiza como máximo 6 veces por cada 5 minutos, por lo que no es tan probable que provoque lesiones. Cada tarea tiene una duración de 50 segundos, de los cuales 40 segundos permanecen con los brazos en posición de reposo.

Para el pulido, la altura de trabajo es en promedio 101,1 cm y la altura del codo es como máximo (percentil 100%) 91,2 cm, por lo que para ningún colaborador la altura de trabajo es apropiada. Otro problema que se da en la tarea de pulido es que los colaboradores deben mantener los brazos colgando (ver Figura 8.6) debido a la posición de las máquinas de pulido y a que las sillas no cuentan con reposabrazos. Lo anterior provoca que se genere tensión en los hombros y la espalda.



**Figura 8.6.** Colaborador de la tarea de pulido con los brazos colgando.

También se debe destacar es la ubicación de las máquinas de pulido en las mesas de trabajo (ver Figura 8.7). Al sentarse, todos los colaboradores chocan sus piernas con los motores que se encuentra debajo de las mesas. Esto provoca que el personal deba mantener sus piernas en posición de abducción durante toda la jornada, con ángulos mayores a 35°.



**Figura 8.7.** Motor de la máquina de pulido debajo de la mesa de trabajo.

Por otra parte, en el cuadro 8.8 se muestran las mediciones dinámicas de los puestos de trabajo. Se presentan los rangos de ángulos que son tomados por los colaboradores durante la ejecución de cada una de las tareas. En las figuras 8.8, 8.9, 8.10 y 8.11 se muestran ejemplos de estos ángulos.

**Cuadro 8.8.** Mediciones dinámicas de los colaboradores.

|                              | Cuello   | Brazos     | Muñecas  | Piernas    |
|------------------------------|----------|------------|----------|------------|
| <b>Revisión del material</b> |          |            |          |            |
| <b>Colaborador 1</b>         | 6° - 18° | 51° - 180° | 0° - 80° | 90° - 100° |
| <b>Colaborador 2</b>         | 0° - 20° | 55° - 180° | 0° - 90° | 70° - 108° |
| <b>Colaborador 3</b>         | 4° - 20° | 53° - 180° | 0° - 85° | 75° - 105° |
| <b>Assy Metal</b>            |          |            |          |            |
| <b>Colaborador 1</b>         | 6° - 32° | 55° - 130° | 0° - 9°  | 68° - 103° |
| <b>Colaborador 2</b>         | 4° - 39° | 48° - 129° | 0° - 12° | 72° - 109° |
| <b>Colaborador 3</b>         | 3° - 41° | 52° - 135° | 0° - 7°  | 73° - 106° |
| <b>Plasma</b>                |          |            |          |            |
| <b>Colaborador 1</b>         | 0° - 14° | 60° - 180° | 0° - 5°  | 67° - 100° |
| <b>Colaborador 2</b>         | 0° - 16° | 80° - 180° | 0° - 6°  | 75° - 109° |

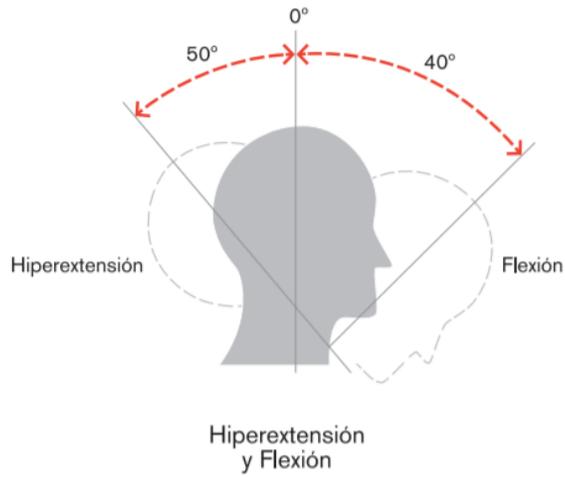
|                      |          |            |          |            |
|----------------------|----------|------------|----------|------------|
| <b>Colaborador 3</b> | 0° - 16° | 83° - 180° | 0° - 5°  | 69° - 107° |
| <b>Pulido</b>        |          |            |          |            |
| <b>Colaborador 1</b> | 0° - 35° | 48° - 78°  | 0° - 20° | 74° - 100° |
| <b>Colaborador 2</b> | 4° - 30° | 50° - 83°  | 0° - 12° | 69° - 105° |
| <b>Colaborador 3</b> | 6° - 38° | 51° - 84°  | 0° - 25° | 71° - 106° |
| <b>Máquina UV</b>    |          |            |          |            |
| <b>Colaborador 1</b> | 0° - 25° | 56° - 120° | 0° - 12° | 91° - 180° |
| <b>Colaborador 2</b> | 0° - 48° | 60° - 115° | 0° - 15° | 78° - 110° |
| <b>Colaborador 3</b> | 0° - 41° | 58° - 119° | 0° - 14° | 77° - 105° |

Según las mediciones dinámicas, se observa que en las tareas de Assy Metal, Pulido y Máquina UV es donde se tienen ángulos más críticos para el cuello, con ángulos que van desde 25° hasta 48°, cuando lo recomendable es no superar los 20°. Con respecto a los brazos, todas las tareas provocan ángulos similares; sin embargo, las tareas de Assy Metal y Pulido son las que implican mayores posiciones de flexión de brazos por mayores periodos.

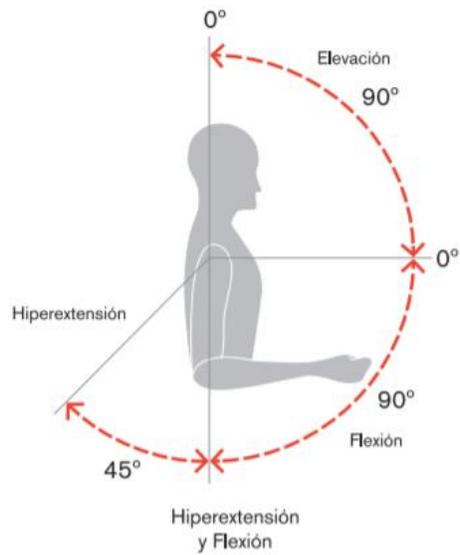
En cuanto a las muñecas, la tarea de revisión de material implica ángulos de flexión más críticos, alcanzando los 90° cuando lo recomendado es no sobrepasar los 30° (Moya & Vásquez, s.f.). Por su parte, la tarea de pulido involucra los ángulos de extensión más frecuentes. No obstante, la tarea de pulido se considera de mayor riesgo según la Herramienta ART, ya que además de los movimientos de extensión requiere la aplicación de fuerza de forma constante.

Ninguna de las tareas requiere que los colaboradores adopten posturas incómodas en las partes inferiores del cuerpo, por lo que pueden variar los ángulos de flexión y extensión de las piernas según se sientan más cómodos. En el cuadro 8.8 se observa que la mayor flexión de las piernas fue en la tarea de plasma. Mientras que la mayor extensión fue en la tarea de Máquina UV, cuando el trabajador trabaja de pie.

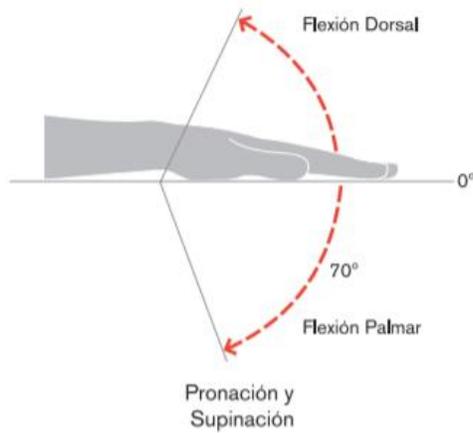
Es importante señalar que las posiciones de flexión de las piernas se dan cuando los colaboradores utilizaban los descansapiés, ya que como se muestra en los cuadros 8.5 y 8.6 la altura de los descansapiés no permite mantener ángulos mayores a los 90° en las piernas.



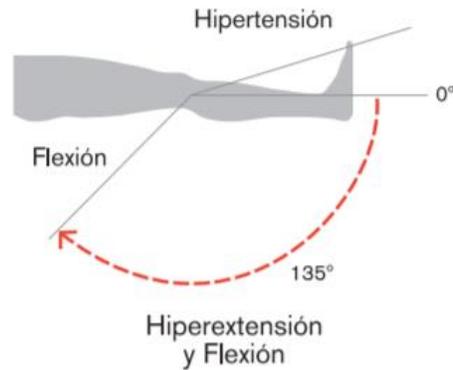
**Figura 8.8.** Ejemplo de medición de flexión de cuello. Fuente: Madriz & Sánchez, 2012.



**Figura 8.9.** Ejemplo de medición de flexión de brazos. Fuente: Madriz & Sánchez, 2012.



**Figura 8.10.** Ejemplo de medición de flexión de muñeca. Fuente: Madriz & Sánchez, 2012.



**Figura 8.11.** Ejemplo de medición de flexión de piernas. Fuente: Madriz & Sánchez, 2012.

### F. Método OWAS

En el cuadro 8.9 se muestra el resumen de los resultados de la evaluación utilizando el Método OWAS para las tareas realizadas tanto en la planta AT&T como en la planta iPhone. En el Apéndice 4 se presentan los resultados completos.

**Cuadro 8.9.** Resultados de evaluación por medio del Método OWAS.

|                        | Categoría 1 | Categoría 2 |
|------------------------|-------------|-------------|
| <b>Planta AT&amp;T</b> |             |             |
| Revisión del material  |             | X           |
| Aplicación de plasma   | X           |             |
| Pulido                 |             | X           |
| Máquina UV             | X           |             |
| <b>Planta iPhone</b>   |             |             |
| Revisión del material  |             | X           |
| Assy Metal             |             | X           |
| Aplicación de plasma   | X           |             |
| Pulido                 |             | X           |
| Máquina UV             | X           |             |

Las tareas de categoría 1 no requieren medidas correctoras, mientras que las tareas de categoría 2 requieren medidas correctoras en un futuro cercano. Para las tareas de la categoría 2, el área corporal más crítica es la espalda. La postura más crítica se debe principalmente a que la espalda permanece inclinada hacia adelante la mayor parte del tiempo durante la ejecución de las tareas.

Según el Método OWAS las medidas correctoras deben estar enfocadas en las tareas de revisión de material y pulido de ambas plantas y en la tarea Assy metal de iPhone, con principal énfasis

a la espalda. Actualmente las condiciones de los puestos de trabajo inducen al personal a inclinarse hacia el frente durante la mayor parte de la tarea. La ubicación de las máquinas y de la iluminación fuerzan al personal a que deba inclinarse hacia adelante para ejecutar las tareas.

### G. Herramienta ART

En el cuadro 8.10 se muestran los resultados de la evaluación económica utilizando la Herramienta ART. Esta herramienta permitirá determinar cuáles tareas requieren las medidas de control basadas en la repetitividad con la que se realizan los diferentes movimientos. En el Apéndice 5 se muestran los resultados completos de la herramienta ART.

**Cuadro 8.10.** Resumen de resultados de la herramienta ART.

|                 | Revisión de material |      | de Assy Metal |      | Aplicación de plas |      | de Pulido |      | Máquina UV |      |
|-----------------|----------------------|------|---------------|------|--------------------|------|-----------|------|------------|------|
|                 | Izq.                 | Der. | Izq.          | Der. | Izq.               | Der. | Izq.      | Der. | Izq.       | Der. |
| <b>AT&amp;T</b> | 1                    | 3,5  | N.A.          | N.A. | 1                  | 2    | 13        | 13   | 4,5        | 4,5  |
| <b>iPhone</b>   | 2,5                  | 5,5  | 5             | 13,5 | 1                  | 2    | 12,5      | 12,5 | 4,5        | 4,5  |

N.A.: No aplica

Según los resultados obtenidos y el cuadro 5.6, casi todas las tareas tienen un bajo nivel de exposición. Únicamente las tareas de pulido y assy metal tienen un nivel de exposición medio. Por lo que las medidas de control deben enfocarse en estas tareas.

En el cuadro 8.11 se muestran los factores más críticos para cada una de las tareas.

**Cuadro 8.11.** Factores más críticos según la herramienta ART de cada tarea.

| Tarea                       | AT&T  | iPhone  |
|-----------------------------|---|---|
| <b>Revisión de material</b> | Sin tareas críticas   | Sin tareas críticas   |
| <b>Assy Metal</b>           | No aplica   | Movimiento del brazo derecho<br>Esfuerzo  |
| <b>Aplicación de plasma</b> | Sin tareas críticas   | Sin tareas críticas   |
| <b>Pulido</b>               | Movimiento del brazo izquierdo y del brazo derecho<br>Esfuerzo<br>Postura de espalda<br>Postura del brazo izquierdo y brazo derecho<br>Otros factores | Movimiento del brazo izquierdo y del brazo derecho<br>Esfuerzo<br>Postura del brazo izquierdo y brazo derecho<br>Otros factores |

| Tarea      | AT&T                | iPhone              |
|------------|---------------------|---------------------|
| Máquina UV | Sin tareas críticas | Sin tareas críticas |

## H. Análisis de resultados

### Ruido

Aunque los colaboradores de Buff and Polish utilizan equipo de protección personal (tapones u orejeras), los altos niveles de ruido encontrados en las áreas pueden estar afectando a los colaboradores (ver Sección 8.B). Como se observó en los resultados de las encuestas de molestias, un 60% de la población presenta dolores de cabeza de 1-2 veces por semana hasta varias veces al día (ver Sección 8.C). Si bien no se tiene evidencia de que estos dolores de cabeza están directamente relacionados con los niveles de ruido, es necesario que se realicen audiometrías a todos los colaboradores con una frecuencia anual para verificar que no hay una disminución en su capacidad de escucha.

También se recomienda realizar audio-dosimetrías en las próximas mediciones de ruido, de forma que se determine la cantidad de ruido que está percibiendo el colaborador. Los resultados de las mediciones de ruido indican que es necesario enfocar las medidas de control en la tarea aplicación de plasma, ya que es la que mayor ruido genera y afecta a las tareas a su alrededor.

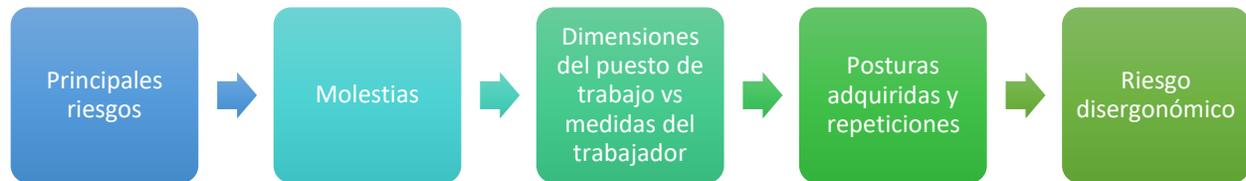
### Ergonomía

Con respecto a los malestares reflejados en la encuesta son el resultado de los peligros existentes, así como de las dimensiones de los puestos de trabajo, ya que no están diseñados de acuerdo con las medidas de los trabajadores. Si analizamos las alturas de los colaboradores (ver cuadro 8.7) se puede observar que el percentil 5% es de 167 cm, mientras que el percentil 95% es de 185 cm, es decir existe una diferencia de 18 cm entre ambos.

La diferencia de alturas entre los colaboradores demuestra la diversidad de la población y la necesidad de contar con puestos de trabajo ajustables a las medidas de cada trabajador. Las posturas incómodas provocadas por el desajuste de los puestos de trabajo, en conjunto con los movimientos repetitivos y la exposición prolongada por la falta de rotación entre puestos, da como consecuencia la aparición de molestias.

En esta sección se hizo un análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos, las encuestas de molestias, las mediciones de los puestos de trabajo, las mediciones estáticas y dinámicas de los trabajadores, el método OWAS y la herramienta ART. En la Figura 8.11 se

muestra el esquema del procedimiento seguido para el análisis. Este análisis permitirá determinar en cuáles aspectos deberán enfocarse las medidas correctivas.



**Figura 8.11.** Esquema de análisis para cada puesto de trabajo.

En los cuadros 8.12, 8.13, 8.14, 8.15 y 8.16 se muestra el resumen de los análisis para cada puesto de trabajo. En el cuadro 8.12 se encuentra el resumen del puesto de trabajo Revisión del Material. En la evaluación de línea base se determinó que el peligro principal eran las posturas inadecuadas, las principales molestias de las áreas eran las manos y muñecas, brazo y hombro derechos y la espalda alta y baja. Según los resultados de las mediciones estáticas y dinámicas, es poco necesario cambiar las dimensiones del puesto de trabajo; sin embargo, si se quisiera mejorar, se podría cambiar la silla por una con mayor ajuste de altura y disminuir la altura de los descansapiés.

El cuadro 8.13 muestra el análisis para el puesto de Assy Metal. En este puesto se requiere el cambio de la silla de trabajo, ya que es muy alta para la mayoría de los colaboradores. Se recomienda una silla con ajuste entre 50 cm y 65 cm. Otra medida es el cambio de la altura de los descansapiés.

Los puestos de Plasma y la Máquina UV muestran que no se requieren cambios (ver cuadro 8.14 y cuadro 8.16) según los análisis realizados, pero se podrían mejorar los puestos si se cambiara la silla por otra con menor altura.

Los mayores cambios que se deben realizar son en el puesto de trabajo de Pulido (ver cuadro 8.15). Al igual que los otros puestos se requiere un cambio de las sillas y la colocación de descansapiés. Otro cambio indispensable es la utilización de reposabrazos, de forma que durante el pulido no queden los brazos colgados, esto liberará presión en los brazos y la espalda. También se recomienda la sustitución de las máquinas de pulido por unas que no cuenten con motor bajo las mesas (ver Figura 9.1), así los colaboradores podrán adoptar una mejor postura durante el pulido.

**Cuadro 8.12.** Análisis del puesto Revisión del Material.

| Peligro principal           | Principal molestia  | Dimensión requerida        | Medida antropométrica relacionada | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación  |
|-----------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--|
| <b>Posturas inadecuadas</b> | Manos y muñecas<br>Brazo derecho<br>Hombro derecho<br>Espalda alta y baja | Altura de silla de trabajo | Altura al codo                    | Poco necesario       | Espalda alta y baja          | Extremos            | Cambiar a una silla con altura ajustable.<br>Brindar descansapiés con altura entre 15 y 20 cm. |

**Cuadro 8.13.** Análisis del puesto Assy Metal.

| Peligro principal                                       | Principal molestia  | Dimensión requerida             | Medida antropométrica relacionada | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación  |
|---|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--|
| <b>Movimientos repetitivos<br/>Aplicación de fuerza</b> | Manos y muñecas<br>Brazo derecho<br>Hombro derecho<br>Espalda alta y baja | Altura de superficie de trabajo | Altura al codo                    | Indispensable        | Espalda alta y baja          | Extremos            | Cambiar a una silla con altura ajustable.<br>Brindar descansapiés con altura entre 15 y 20 cm. |

**Cuadro 8.14.** Análisis del puesto Plasma.

| Peligro principal | Principal molestia  | Dimensión requerida             | Medida antropométrica relacionada | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación   |
|-------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|---|
| <b>Ruido</b>      | Manos y muñecas<br>Brazo derecho<br>Hombro derecho<br>Espalda alta y baja | Altura de superficie de trabajo | Altura al codo                    | No es necesario      | Espalda alta y baja          | Extremos            | Cambiar a una silla con altura ajustable. Brindar descansapiés con altura entre 15 y 20 cm. |

**Cuadro 8.15.** Análisis del puesto Pulido.

| Peligro principal   | Principal molestia                                 | Dimensión requerida             | Medida antropométrica relacionada | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación   |
|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|---|
| <b>Ruido</b><br><b>Movimientos repetitivos</b><br><b>Aplicación de fuerza</b> | Manos y muñecas<br>Brazo derecho<br>Hombro derecho | Altura de superficie de trabajo | Altura al codo                    | Indispensable        | Espalda alta y baja          | Extremos            | Cambiar a una silla con altura ajustable. Brindar descansapiés con altura entre 15 y 20 cm. |

| Peligro principal | Principal molestia  | Dimensión requerida                     | Medida antropométrica relacionada       | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación   |
|-------------------|---------------------|---|---|----------------------|------------------------------|---------------------|---|
|                   | Espalda alta y baja | Reposabrazos                            | No aplica                               | Indispensable        | Brazos                       | Promedio            | Brindar un asiento con reposabrazos ajustable   |
|                   |                     | Ubicación de motor de máquina de pulido | Anchura de muslos<br>Largura de rodilla | Indispensable        | Espalda baja<br>Piernas      | Promedio            | Cambiar el diseño de las máquinas de pulido, para que el motor no quede entre las piernas |

**Cuadro 8.16.** Análisis del puesto Máquina UV.

| Peligro principal                                | Principal molestia  | Dimensión requerida             | Medida antropométrica relacionada | Necesidad del cambio | Parte del cuerpo involucrada | Principio de diseño | Recomendación  |
|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--|
| <b>Radiaciones UV</b><br><b>Postura estática</b> | Manos y muñecas<br>Brazo derecho<br>Hombro derecho<br>Espalda alta y baja | Altura de superficie de trabajo | Altura al codo                    | No es necesario      | Espalda alta y baja          | Extremos            | Cambiar a una silla con altura ajustable.<br>Brindar descansapiés con altura entre 15 y 20 cm. |

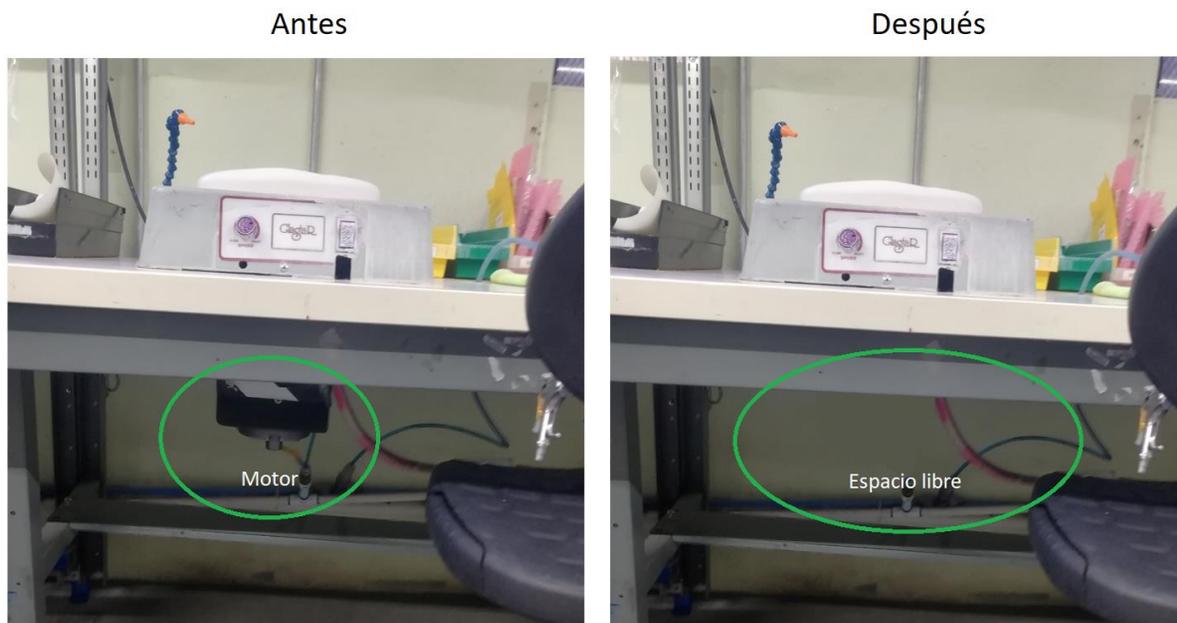
## IX. Alternativas de solución

Según los resultados obtenidos en la sección anterior, se proponen un plan de mejora tomando como base los rubros considerados en la jerarquización de controles (ver Figura 2.2): sustitución, control ingenieril, control administrativo y equipo de protección personal, este plan aplica a cuatro líneas productivas.

### A. Sustitución

Después de los análisis se determinó que se pueden realizar dos sustituciones en el puesto de trabajo de pulido. La primera sustitución es trasladar el motor de las máquinas de pulido. Como se mencionó en la Sección 8.E, actualmente el motor queda entre las piernas de los colaboradores, lo que no les permite cerrarlas y en algunas ocasiones provoca que adopten posturas inadecuadas. Aunque según el Método FINE las posturas inadecuadas son un riesgo nivel notable, y no nivel alto o muy alto, se considera necesario implementar mejoras relacionadas con este riesgo debido los resultados en las encuestas de molestias (ver Sección 8.C).

En el mercado se ofrece una máquina más compacta, en la cual se traslada el motor a un costado, liberando el espacio actual y disminuyendo las posturas incómodas, se puede observar en la figura 9.1 la situación antes y después con la sustitución de la máquina (ver Figura 9.1).



**Figura 9.1.** Representación del antes y después de la máquina pulidora.

Se espera que este cambio sea factible operativamente, ya que la máquina pulidora nueva es muy similar a la anterior, por lo que el proceso de pulido será el mismo, lo que no implica una demanda de trabajo adicional para el trabajador, por lo que es poco probable que el tiempo de producción se vea afectado negativamente. Por el contrario, se espera que el confort del operario aumente y pueda adquirir una mejor postura eliminando las posturas incómodas identificadas por la existencia del motor. El área total bajo la mesa sería de 1,9 m<sup>2</sup>, casi cumpliendo con el área recomendada de 2 m<sup>2</sup> (CSO, s.f.), por lo que se tendría espacio suficiente para la colocación de piernas y el descansapiés en caso de necesitarse. Esto se espera que conlleve a una mayor productividad ya que se disminuirían las lesiones en los colaboradores y el esfuerzo físico que deben aplicar. El efecto final en la productividad se debe de ir evaluando en el tiempo.

La segunda sustitución está enfocada en disminuir los movimientos repetitivos de la tarea de pulido, se puede considerar que es parcial y responde al segundo riesgo identificado en la situación actual (Sección VIII.A). Actualmente los colaboradores deben utilizar la máquina de pulido para cualquier tipo de defecto como una raya o raspón en los celulares. En el caso de rayaduras profundas, los colaboradores deben aplicar más fuerza y el tiempo de operación se duplica respecto a una imperfección regular, aumentando la exposición en labores con movimientos repetitivos. Como se determinó en la evaluación, nos encontramos ante un nivel alto y adicionalmente es el segundo principal peligro según el Método FINE. Para lograr minimizar este riesgo se recomienda que para estas imperfecciones más profundas se utilice una máquina semiautomática de pulido (ver Figura 9.2).



**Figura 9.2.** Ejemplo de máquina de pulido semiautomática. Fuente: Kizi lapping.

En estas máquinas los celulares únicamente se colocan en la superficie y se recolectan después de que fueron pulidos. Aunque aún se requerirá que posteriormente los colaboradores pulan a mano las imperfecciones más finas y los detalles, el esfuerzo y el tiempo serán significativamente

menores. De acuerdo con la valoración de las características de la máquina y el impacto en la labor propiamente se realizó un análisis junto con el líder de producción obteniendo los resultados del Cuadro 9.1.

**Cuadro 9.1.** Análisis del impacto de la máquina de pulido propuesta.

| Característica                       | Máquina actual                      | Máquina Nueva            | Impacto en riesgo   |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| <b>Control automático</b>            | No                                  | Sí                       | Se evitan posturas inadecuadas  |
| <b>Tipo de pulido</b>                | Imperfecciones profundas y detalles | Imperfecciones profundas | Disminución en la aplicación de la fuerza para eliminar imperfecciones profundas  |
| <b>Tiempo de pulido</b>              | 10-30 min                           | 10 min*                  | Disminución en los tiempos de pulido y tiempo de exposición a factores de riesgo disergonómicos   |
| <b>Partes en movimiento</b>          | No significativo                    | Sí                       | Genera un nuevo peligro (atrapamiento por las partes en movimiento), el cual se puede eliminar con la adición de guardas en el área de pulido de la máquina |
| <b>Pulido de múltiples celulares</b> | No                                  | Sí                       | No disminuye el riesgo, disminuye los tiempos de producción   |

\*Tiempo estimado en conjunto con el Departamento de Ingeniería según las especificaciones de la máquina.

Como se evita que los colaboradores pulan las imperfecciones más profundas, la fuerza que se debe aplicar durante el pulido podría reducirse a la mitad, mientras que la cantidad de movimientos repetitivos podría disminuirse entre un 10% a un 25%.

Se propone incorporar las máquinas semiautomáticas después de la primera aplicación de plasma y antes del pulido con las máquinas actuales, de forma que se eliminen primero las rayas y raspones más profundos. Debido a los niveles de producción, actualmente en algunos puestos de pulido se encuentran desocupados, tanto en la planta de AT&T como en la de iPhone, esto permite aprovechar estos espacios para la ubicación de la nueva máquina. Las máquinas semiautomáticas pueden reemplazarse por uno o dos de estos puestos vacíos, según sean sus dimensiones. La figura 9.3 muestra la distribución sugerida de la línea de producción con la incorporación de la maquina semiautomática.

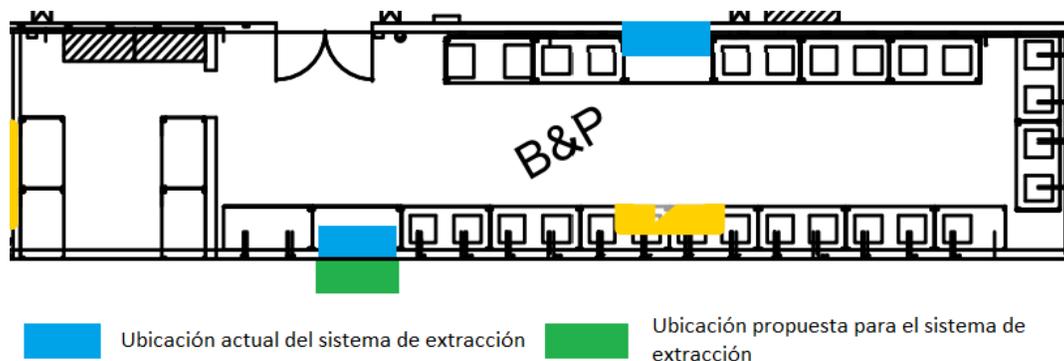


**Figura 9.3.** Secuencia propuesta para incluir la máquina de pulido semiautomática en el proceso de Buff and Polish.

Existen varios diseños y modelos de máquinas de pulido semiautomáticas, al seleccionarla es necesario tomar en cuenta el ruido que genera durante la operación según la ficha técnica. Como se demostró en la Sección 8.B, las áreas de Buff and Polish tienen niveles de ruido por encima de los recomendados, por lo que es necesario considerar este aspecto cuando se adquiera el equipo. Se recomienda que la máquina no genere más de 80 dB o que al menos tenga incorporado un aislamiento, de forma que no afecte a los colaboradores.

## B. Control ingenieril

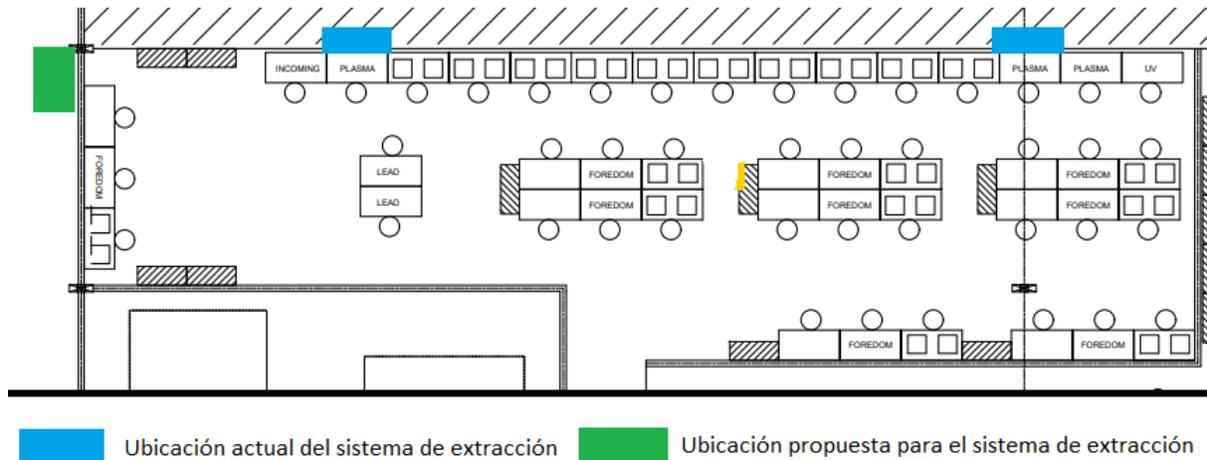
Como se identificó en la Sección VIII.B., el sistema de extracción de la máquina de plasma es una de las fuentes de ruido, por lo que se recomienda trasladar el motor del sistema al exterior de la planta, de forma que no se concentren las ondas sonoras dentro de los cuartos de Buff and Polish (ver Figuras 9.4) y se disminuya el nivel de riesgo.



**Figura 9.4.** Propuesta para la reubicación del sistema de extracción de AT&T.

En esta área el cambio consiste en sacar el motor del sistema de extracción (ver Figura 9.5). Sin embargo, para este cambio se debe considerar la reubicación no solo del motor sino también de los conductos de los sistemas de extracción, los cuales deberán ser ampliados para que lleguen

hasta el área externa. Aunque estos traslados se pueden realizar en horas no productivas, será necesario analizar los costos asociados como mano de obra y materiales para determinar el costo del cambio, que operativamente es factible y es una inversión en salud y productividad de los operarios.



**Figura 9.5.** Propuesta para la reubicación del sistema de extracción de iPhone.

Por su parte, los altos niveles de ruido generados por la máquina de plasma también perjudican los puestos de trabajo cercanos (ver Cuadro 8.3). Según lo anterior, se considera indispensable evaluar la posibilidad de mejorar el aislamiento de la máquina. Como se mencionó en la Sección 8.B el aislamiento actual es una pantalla de acrílico con aberturas, por lo que se recomienda colocar en las paredes del aislamiento algún material poroso que pueda absorber parte del ruido generado.

Los puestos de pulido también generan ruido, pero en menor medida debido al uso de aire comprimido y al mismo uso de las máquinas pulidoras. Para este puesto, será necesario colocar silenciadores en las pistolas de aire comprimido. Un ejemplo de estos se muestra en la Figura 9.6.



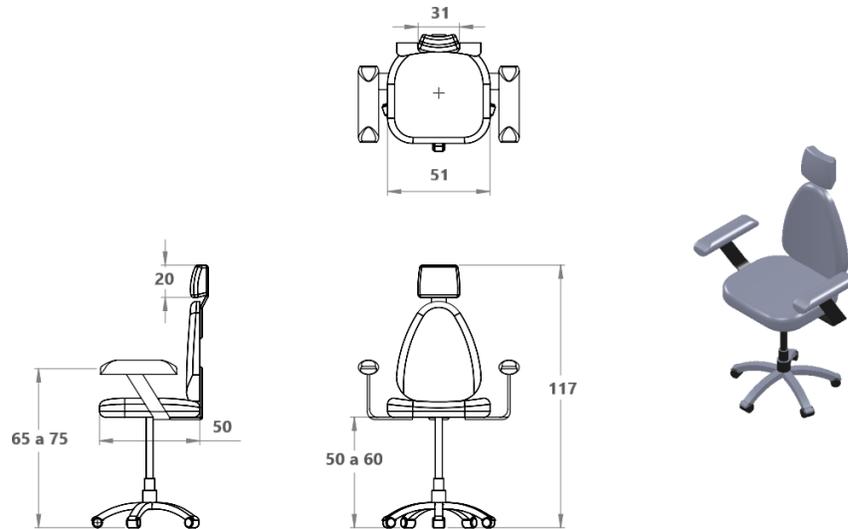
**Figura 9.6.** Ejemplos de silenciadores para pistolas de aire comprimido. Fuente: Direct Industry.

Es importante que después de realizar las mejoras propuestas se realicen otras mediciones de ruido, de forma que se pueda analizar la disminución de los niveles de ruido y establecer si es necesario colocar otras medidas de control. Con los datos que se tienen actualmente no se considera necesario encerrar las máquinas pulidoras.

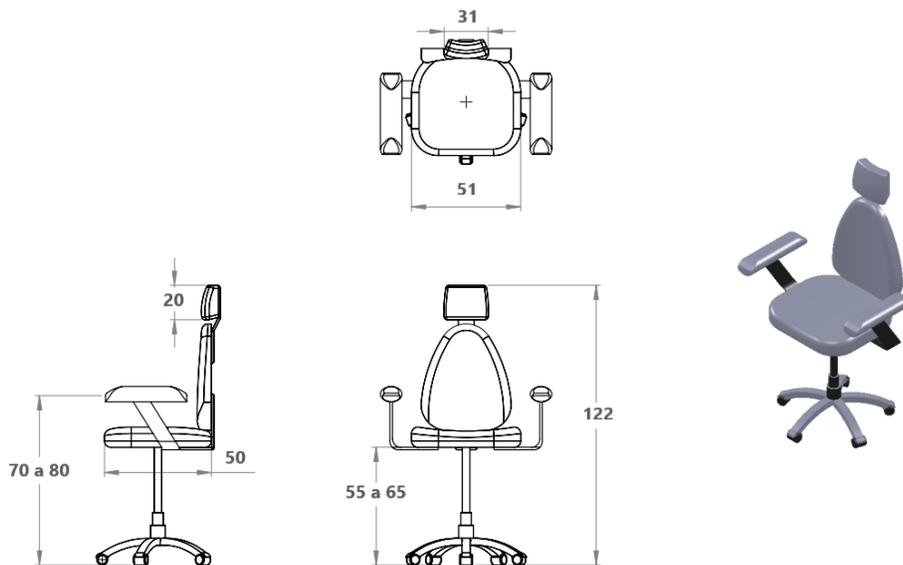
Para disminuir los riesgos disergonómicos por posturas inadecuadas en las áreas de Buff and Polish se propone cambiar las sillas actuales de todos los puestos por unas más adecuadas a las necesidades actuales de postura de los operarios. Actualmente, los colaboradores cuentan con sillas de altura ajustable; sin embargo, las alturas que alcanzan no son las adecuadas para las mesas de trabajo, ya que en su mayoría son muy altas.

En AT&T la altura de las sillas ronda entre los 56 cm y 63,2 cm, con excepción del puesto de Máquina UV que tiene una altura de 44,5 cm (ver Cuadro 8.5), para iPhone rondan entre 60,8 cm y 73,6 cm (ver Cuadro 8.6). Mientras que las mesas de trabajo de AT&T se encuentran entre 67,5 cm y 74,6 cm (ver Cuadro 8.5) y las de iPhone entre 75,5 cm y 75,8 cm (ver Cuadro 8.6). Según estas mediciones se recomienda que la altura de las sillas sea entre 50 cm y 60 cm para AT&T (ver Figura 9.7) y de 55 cm a 65 cm para iPhone (ver Figura 9.8). Así se puede asegurar un adecuado ajuste entre la silla, la mesa y las dimensiones corporales del trabajador, lo cual mejorará las posturas del cuello, hombros, brazos y espalda.

Otro punto importante para los riesgos disergonómicos son los reposabrazos. Actualmente las sillas no cuentan con este implemento, lo que sobrecarga la parte superior del cuerpo de los colaboradores. Se recomienda que la silla que se adquiera cuente con reposabrazos con curvatura para permitir el acceso y acercamiento más adecuado al puesto de trabajo (ver Figuras 9.7 y 9.8). Con el fin de adquirir sillas adecuadas, se recomienda que las mismas cumplan con el estándar ANSI/HFES No. 100-1988. En el Anexo 3 se presentan las dimensiones recomendadas para los puestos de trabajo.



**Figura 9.7.** Ejemplo de silla que puede adquirirse para los puestos de trabajo de Buff and Polish de AT&T. Fuente: Hernández Grandos & Madriz Quirós.



**Figura 9.8.** Ejemplo de silla que puede adquirirse para los puestos de trabajo de Buff and Polish de iPhone. Fuente: Hernández Grandos & Madriz Quirós.

Otro aspecto relevante son los descansapiés. Las mesas de trabajo cuentan con unas barras que los colaboradores utilizan como descansapiés; sin embargo, la altura de estas barras no es la adecuada (ver Cuadros 8.5 y 8.6), ya que provocan que las piernas de los colaboradores choquen con las mesas de trabajo. Además, el grosor de las barras no permite un verdadero apoyo de la planta del pie (ver Figura 9.9).

Para AT&T se recomienda adquirir unos descansapiés de 15 cm de altura, mientras que para iPhone la altura recomendada es de 20 cm de altura. Ambos deberán tener una profundidad de al menos 35 cm. Es ideal que los descansapiés cuenten con un ajuste de ángulos, de forma que la persona pueda variar de postura según lo necesite. En la Figura 9.10 se muestran ejemplos de descansapiés adecuados para las labores de Buff and Polish.



**Figura 9.9.** Barras utilizadas como descansapiés.



**Figura 9.10.** Ejemplos de descansapiés para los puestos de trabajo. Fuente: Grainger

Por último, se recomienda modificar las mesas de trabajo actuales de manera que su altura pueda ser ajustada fácilmente por los colaboradores. Lo anterior se puede lograr incluyéndole un mecanismo de ajuste a las patas de las mesas (ver Figura 9.11).



**Figura 9.11.** Ejemplo de mecanismo de ajuste para las mesas. Fuente: Amazon

Una vez que se realicen estos cambios se deberán volver a realizar evaluaciones ergonómicas, de forma que se verifique las mejoras solventaron los principales riesgos y determinar si se requieren otras medidas adicionales.

### **C. Control administrativo**

Uno de los principales controles administrativos es el desarrollo e implementación de un Programa de Conservación Auditiva, el cual debe incluir al menos los siguientes aspectos:

- Responsabilidades: El Programa de Conservación Auditiva debe establecer claramente las responsabilidades de cada una de las partes, desde el personal de Salud Ocupacional, los gerentes, supervisores y líderes del área, hasta los colaboradores.
- Frecuencia de las mediciones: Se recomienda realizar como mínimo mediciones anuales para asegurar que los niveles de ruido se mantienen. En caso de que haya cambios en la maquinaria, equipos o procesos que puedan modificar los niveles de ruido, se recomienda realizar las mediciones de forma anticipada.
- Tipos de mediciones: Se deben realizar mediciones de ruido, audiometrías y audiodosimetrías, de forma que se tenga un panorama completo de los niveles de ruido, así como de las consecuencias que genera y la exposición real.
- Mejoras: Una vez realizadas las mediciones, será necesario establecer qué tipo de mejoras son requeridas y analizar cómo pueden ser implementadas.
- Capacitaciones: Todo el personal que trabaje en áreas con exposición a ruido debe ser capacitado en el Programa de Conservación Auditiva. La capacitación debe incluir temas como sensibilización, niveles de ruido en las áreas de trabajo, tipos de mediciones e importancia y correcto uso del equipo de protección personal, entre otros.

Por otra parte, las áreas de Buff and Polish deben estar señalizadas como áreas con alta exposición al ruido y que por consiguiente requieren el uso de equipo de protección personal como tapones u orejeras.

Para los riesgos disergonómicos, se propone la creación de un plan de rotación. Este plan deberá tomar en cuenta la tarea que se realiza, su nivel de riesgo según la herramienta ART y el Método OWAS, el tiempo máximo de permanencia en la tarea y las restricciones de rotación (ver Cuadro 9.2). En el Cuadro 9.3 se explican las fracciones de tiempo recomendadas para cada nivel de riesgo disergonómico según la herramienta ART.

**Cuadro 9.2.** Aspectos que deben incluirse en el plan de rotación.

| Tarea                 | Nivel de riesgo | Tiempo máximo de permanencia en la tarea | Restricciones de rotación       |
|-----------------------|-----------------|--|---------------------------------|
| Revisión del Material | Bajo            | 8 horas                                  | Sin restricción                 |
| Assy Metal            | Medio           | 4 horas                                  | No se debe rotar con el pulido  |
| Plasma                | Bajo            | 8 horas                                  | Sin restricción                 |
| Pulido                | Medio           | 4 horas                                  | No se debe rotar con Assy Metal |
| Máquina UV            | Bajo            | 8 horas                                  | Sin restricción                 |

**Cuadro 9.3.** Tiempo máximo de permanencia en la tarea según su nivel de riesgo.

| Nivel de riesgo | Puntaje según herramienta ART | Tiempo máximo de permanencia en la tarea |
|-----------------|-------------------------------|--|
| Bajo            | 0-11                          | 8 horas                                  |
| Medio           | 12-15                         | 4 horas                                  |
| Medio           | 16-21                         | 3 horas                                  |
| Alto            | 22 o más                      | 2 horas                                  |

Se recomienda realizar capacitaciones semestrales en temas de ergonomía. Estas capacitaciones deben incluir los siguientes temas:

- Definición de ergonomía
- Ergonomía en el trabajo
- Resultados de las evaluaciones ergonómicas
- Posturas correctas
- Recomendaciones para posturas estáticas y movimientos repetitivos
- Ajuste correcto para las sillas de trabajo
- Explicar ventajas de los ejercicios ergonómicos y cómo hacerlos correctamente
- Reconocer y reportar lesiones ergonómicas

Por las edades de la población, la capacitación debe ser interactiva. Se recomienda el uso de videos y juegos, de forma que la capacitación sea más fácil de entender.

Por otra parte, se recomienda la elaboración de un set de ejercicios exclusivos para las pausas activas de Buff and Polish. Actualmente, estas áreas realizan los mismos ejercicios que el resto de la planta productiva, a pesar de que las tareas que realizan son muy diferentes, con muchos

movimientos repetitivos y con aplicación de fuerza. En la Figura 9.12 se muestran algunos ejercicios que pueden incluirse dentro de las pausas activas.

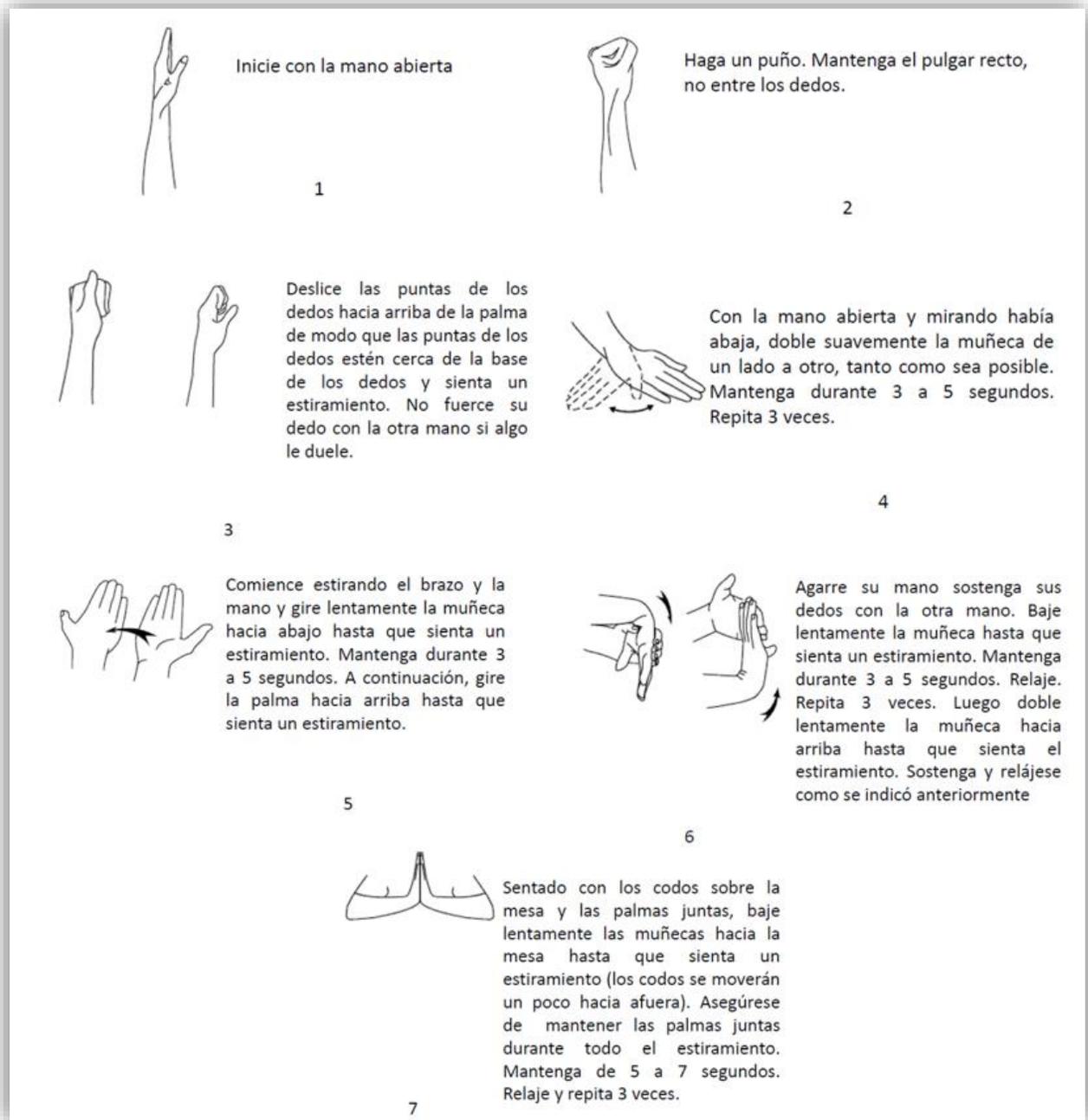


Figura 9.12. Ejemplos de ejercicios ergonómicos para Buff and Polish. Fuente: Palacios, 2021.

#### D. Equipo de protección personal

Actualmente, en las áreas de Buff and Polish se utilizan orejeras en el puesto de aplicación de plasma y tapones en el resto de las tareas. Se considera necesario que este equipo de protección se siga utilizando hasta que no se apliquen las medidas propuestas anteriormente y hasta que no se asegure la disminución de la exposición al ruido.

Los tapones utilizados en el área tienen un Noise Reduction Rating (NRR) de 25 dB y las orejeras tienen un NRR de 36 dB. La atenuación de estos equipos ( $A_p$ ) se calcula a continuación:

$$A_{p_{tapones}} = \frac{(NRR - 7)}{2} = \frac{(25 - 7)}{2} = 9$$

$$A_{p_{orejeras}} = \frac{(NRR - 7)}{2} = \frac{(36 - 7)}{2} = 14,5$$

**Cuadro 9.4.** Atenuación del equipo de protección en la planta AT&T.

| Puesto de trabajo               | Nivel de presión inicial (dB) | $A_p$ | Nivel de presión (dB) |
|---------------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------|
| Revisión del material y Calidad | 77,3                          | 9     | 68,3                  |
| Aplicación de plasma            | 85,4                          | 14,5  | 70,9                  |
| Pulido                          | 76,0                          | 9     | 67,0                  |
| Máquina UV                      | 77,1                          | 9     | 68,1                  |

**Cuadro 9.5.** Atenuación del equipo de protección en la planta iPhone.

| Puesto de trabajo               | Nivel de presión inicial (dB) | $A_p$ | Nivel de presión (dB) |
|---------------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------|
| Revisión del material y Calidad | 78,8                          | 9     | 69,8                  |
| Assy metal                      | 75,8                          | 9     | 66,8                  |
| Aplicación de plasma            | 88,4                          | 14,5  | 73,9                  |
| Pulido                          | 72,5                          | 9     | 63,5                  |
| Máquina UV                      | 83,8                          | 9     | 74,8                  |

Según lo anterior, el equipo de protección utilizado en el área efectivamente protege a los colaboradores, ya que en ningún caso se superan los 75 dB. Esto justifica la necesidad de seguir utilizando el equipo de protección personal.

### E. Plan de mejora

En esta sección se realiza un resumen de las mejoras propuestas para las áreas de Buff and Polish, de forma que se pueda priorizar la ejecución de cada medida. La priorización está basada en dos aspectos: nivel de riesgo inicial según el Método FINE y el nivel de jerarquización de las medidas. Se le recomienda a la empresa incluir dentro del análisis de priorización el costo de cada mejora; sin embargo, por las limitaciones de este estudio se excluyó esta categoría. En el Cuadro 9.6 se muestra la distribución del puntaje para el análisis y en el Apéndice 6 se muestra el cálculo de la priorización.

**Cuadro 9.6.** Puntaje para el análisis de la priorización de las mejoras propuestas.

| Nivel de riesgo inicial según Método FINE | Puntaje | Nivel de jerarquización       | Puntaje |
|---|---------|-------------------------------|---------|
| Muy alto                                  | 6       | Sustitución                   | 6       |
| Alto                                      | 3       | Control Ingenieril            | 4       |
| Notable                                   | 1       | Control administrativo        | 2       |
|   |         | Equipo de protección personal | 0       |

En el Cuadro 9.7 se muestra el plan de mejora propuesto para las áreas de Buff and Polish con sus prioridades. En el Cuadro 9.8 se muestra el cronograma de implementación sugerido para cada una de las medidas de mejora. El cronograma se divide en trimestres para facilitar la programación.

**Cuadro 9.7.** Plan de mejora para las áreas de Buff and Polish.

| Nivel de jerarquización       | Mejora propuesta                                 | Riesgo que disminuye   | Nivel de riesgo inicial según Método FINE | Prioridad |
|-------------------------------|--|--|---|-----------|
| <b>Sustitución</b>            | Traslado del motor de la máquina de pulido       | Posturas inadecuadas en miembros inferiores                          | Notable                                   | 2         |
|                               | Compra de máquina semiautomática de pulido       | Movimientos repetitivos y aplicación de fuerza                       | Alto                                      | 1         |
| <b>Control ingenieril</b>     | Traslado del motor del sistema de extracción     | Ruido  | Muy alto                                  | 1         |
|                               | Aislamiento de la máquina de plasma              | Ruido  | Muy alto                                  | 1         |
|                               | Silenciadores en las pistolas de aire comprimido | Ruido  | Muy alto                                  | 1         |
|                               | Cambios de las sillas de trabajo                 | Posturas inadecuadas en cuello, hombros, brazos y espalda            | Notable                                   | 3         |
|                               | Uso de descansapiés                              | Posturas inadecuadas en miembros inferiores                          | Notable                                   | 3         |
| <b>Control administrativo</b> | Programa de Conservación Auditiva                | Ruido  | Muy alto                                  | 2         |
|                               | Señalización                                     | Ruido  | Muy alto                                  | 2         |
|                               | Plan de rotación                                 | Movimientos repetitivos, aplicación de fuerza y posturas inadecuadas | Alto                                      | 3         |

|                                      |   |  |          |   |
|--------------------------------------|---|--|----------|---|
|                                      | Capacitaciones de ergonomía               | Movimientos repetitivos, aplicación de fuerza y posturas inadecuadas | Alto     | 3 |
|                                      | Ejercicios exclusivos para pausas activas | Movimientos repetitivos, aplicación de fuerza y posturas inadecuadas | Alto     | 3 |
| <b>Equipo de protección personal</b> | Uso de orejeras y tapones                 | Ruido  | Muy alto | 3 |

**Cuadro 9.8.** Cronograma para la implementación del plan de mejora.

| Actividad  | Responsable  | 2022 |     |    |   | 2023 |     |   |
|--|--|------|-----|----|---|------|-----|---|
|  |  | II   | III | IV | I | II   | III |   |
| <b>Mejora: Compra de máquina semiautomática de pulido</b>          |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Cotización de máquinas   | Salud Ocupacional                                    | ■    |     |    |   |      |     |   |
| Revisión de características y funciones de las máquinas            | Gerente de Ingeniería                                | ■    |     |    |   |      |     |   |
| Selección de una máquina   | Director de Procesos                                 | ■    |     |    |   |      |     |   |
| Solicitud de presupuesto en Corporativo                            | Director de Operaciones                              | ■    | ■   |    |   |      |     |   |
| Compra de la máquina   | Asistente Administrativa                             |      | ■   | ■  |   |      |     |   |
| Instalación de la máquina  | Ingenieros   |      |     |    | ■ | ■    |     |   |
| Uso preliminar de la máquina                                       | Líderes de Buff and Polish                           |      |     |    |   | ■    |     |   |
| Inclusión de la máquina en procedimientos y evaluaciones de riesgo | Ingenieros/ Gerente de Calidad/<br>Salud Ocupacional |      |     |    |   |      |     | ■ |
| <b>Mejora: Traslado del motor del sistema de extracción</b>        |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Cotización de trabajos   | Gerente de Seguridad y Facilidades                   | ■    |     |    |   |      |     |   |
| Selección del contratista  | Director de Operaciones                              | ■    |     |    |   |      |     |   |
| Diseño de las modificaciones                                       | Empresa contratista                                  | ■    | ■   |    |   |      |     |   |

| Actividad   | Responsable   | 2022 |     |    |   | 2023 |     |  |
|---|---|------|-----|----|---|------|-----|--|
|   |   | II   | III | IV | I | II   | III |  |
| Aprobación del diseño   | Gerente de Seguridad y Facilidades/ Salud Ocupacional |      |     |    |   |      |     |  |
| Ejecución de los trabajos                                       | Empresa contratista                                   |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Aislamiento de la máquina de plasma</b>              |   |      |     |    |   |      |     |  |
| Cotización de trabajos  | Salud Ocupacional                                     |      |     |    |   |      |     |  |
| Selección del contratista                                       | Director de Operaciones                               |      |     |    |   |      |     |  |
| Diseño de las modificaciones                                    | Empresa contratista                                   |      |     |    |   |      |     |  |
| Aprobación del diseño   | Salud Ocupacional                                     |      |     |    |   |      |     |  |
| Ejecución de los trabajos                                       | Empresa contratista                                   |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Silenciadores en las pistolas de aire comprimido</b> |   |      |     |    |   |      |     |  |
| Cotización de los silenciadores                                 | Gerente de Seguridad y Facilidades                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Selección de los silenciadores                                  | Gerente de Seguridad y Facilidades/ Salud Ocupacional |      |     |    |   |      |     |  |
| Adquisición de los silenciadores                                | Asistente Administrativa                              |      |     |    |   |      |     |  |
| Colocación de los silenciadores                                 | Gerente de Seguridad y Facilidades                    |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Traslado del motor de la máquina de pulido</b>       |   |      |     |    |   |      |     |  |
| Cotización de máquinas de pulido con un motor al lado           | Salud Ocupacional                                     |      |     |    |   |      |     |  |
| Revisión de características de las máquinas                     | Gerente de Ingeniería                                 |      |     |    |   |      |     |  |
| Selección de una máquina  | Director de Procesos                                  |      |     |    |   |      |     |  |
| Solicitud de presupuesto en Corporativo                         | Director de Operaciones                               |      |     |    |   |      |     |  |
| Compra de las máquinas  | Asistente Administrativa                              |      |     |    |   |      |     |  |
| Instalación de las máquinas                                     | Ingenieros  |      |     |    |   |      |     |  |
| Uso preliminar de las máquinas                                  | Líderes de Buff and Polish                            |      |     |    |   |      |     |  |

| Actividad   | Responsable  | 2022 |     |    |   | 2023 |     |  |
|---|--|------|-----|----|---|------|-----|--|
|   |  | II   | III | IV | I | II   | III |  |
| Modificación de procedimientos y evaluaciones de riesgo | Ingenieros/ Gerente de Calidad/<br>Salud Ocupacional |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Programa de Conservación Auditiva</b>        |  |      |     |    |   |      |     |  |
| Elaboración del Programa de Conservación Auditiva       | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Solicitud de presupuesto para las mediciones            | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Capacitación del personal                               | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Ejecución de las mediciones                             | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Análisis de los resultados                              | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Propuesta de mejoras                                    | Salud Ocupacional/Ingeniería                         |      |     |    |   |      |     |  |
| Implementación de mejoras                               | Salud Ocupacional/Ingeniería                         |      |     |    |   |      |     |  |
| Monitoreo   | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Señalización</b>                             |  |      |     |    |   |      |     |  |
| Compra de rótulos                                       | Asistente Administrativa                             |      |     |    |   |      |     |  |
| Colocación de rótulos                                   | Líderes de Buff and Polish                           |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Cambios de las sillas de trabajo</b>         |  |      |     |    |   |      |     |  |
| Cotización de las sillas                                | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Selección del modelo de sillas                          | Director de Operaciones                              |      |     |    |   |      |     |  |
| Plan de cambio de sillas                                | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Compra de sillas  | Asistente Administrativa                             |      |     |    |   |      |     |  |
| <b>Mejora: Uso de descansapiés</b>                      |  |      |     |    |   |      |     |  |
| Cotización de los descansapiés                          | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Selección del descansapiés                              | Director de Operaciones                              |      |     |    |   |      |     |  |
| Plan de adquisición de descansapiés                     | Salud Ocupacional                                    |      |     |    |   |      |     |  |
| Compra de descansapiés                                  | Asistente Administrativa                             |      |     |    |   |      |     |  |

| Actividad   | Responsable                                  | 2022 |     |    |   | 2023 |     |   |
|---|--|------|-----|----|---|------|-----|---|
|   |  | II   | III | IV | I | II   | III |   |
| <b>Mejora: Plan de rotación</b>   |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Creación de un comité de rotación (incluirá al menos a Salud Ocupacional, Producción, Calidad y Consultorio Médico) | Director de Operaciones/Director de Procesos |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Capacitación del comité de rotación   | Salud Ocupacional                            |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Elaboración del plan de rotación  | Comité de rotación                           |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Capacitación del personal   | Salud Ocupacional                            |      |     |    | ■ |      |     |   |
| Implementación del plan de rotación   | Líderes de Buff and Polish                   |      |     |    | ■ | ■    |     |   |
| Monitoreo de los resultados obtenidos   | Comité de rotación                           |      |     |    |   |      | ■   |   |
| <b>Mejora: Capacitaciones de ergonomía</b>  |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Elaboración de la capacitación (incluirá los ejercicios de pausas activas)  | Salud Ocupacional                            |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Diseño de un plan de capacitación (fechas de capacitación, personal involucrado en cada fecha)                      | Salud Ocupacional                            |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Aprobación del plan de capacitación   | Gerente de Producción/Gerente de Calidad     |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Implementación del plan de capacitación   | Salud Ocupacional                            |      |     |    | ■ |      |     |   |
| <b>Mejora: Ejercicios exclusivos para pausas activas</b>  |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Elaboración de los ejercicios   | Fisioterapeuta                               |      |     | ■  |   |      |     |   |
| Verificación de la ejecución correcta de los ejercicios   | Fisioterapeuta                               |      |     |    |   | ■    |     |   |
| <b>Mejora: Uso de orejeras y tapones</b>  |  |      |     |    |   |      |     |   |
| Mantener el uso del equipo de protección personal hasta que se disminuya la exposición a ruido                      | Salud Ocupacional/Líderes de Buff and Polish | ■    | ■   | ■  | ■ | ■    | ■   | ■ |

Una vez que se implementen las mejoras propuestas será necesario desarrollar nuevamente los análisis de riesgo (línea base, ruido y ergonomía), de forma que se pueda determinar si las mejoras implementadas fueron suficientes o si se requieren medidas adicionales. Para ello se presenta el plan de monitoreo y seguimiento (ver Cuadro 9.9). Se recomienda realizar los análisis de riesgo (línea base, ruido y ergonomía) con una frecuencia mínima de un año. Es importante que los análisis de riesgo se realicen siguiendo la metodología mostrada en la Sección VI, con el fin de poder comparar los resultados futuros con los de este proyecto.

**Cuadro 9.9.** Plan de monitoreo y seguimiento.

|   | Frecuencia | III-2022 | IV-2022 | III-2023 | IV-2023 |
|---|------------|----------|---------|----------|---------|
| <b>Análisis de riesgo de línea base</b> | Anual      | X        |         | X        |         |
| <b>Ruido</b>                            | Anual      | X        |         | X        |         |
| <b>Método OWAS</b>                      | Anual      |          | X       |          | X       |
| <b>Herramienta ART</b>                  | Anual      |          | X       |          | X       |
| <b>Encuesta de molestias</b>            | Anual      |          | X       |          | X       |

Como indicadores para el monitoreo y seguimiento se proponen los siguientes:

- Nivel de riesgo de cada peligro de Buff and Polish
- Nivel de ruido
- Cantidad de lesiones reportadas en el consultorio médico por año
- Cantidad de consultas relacionadas con las actividades laborales por mes
- Intensidad del dolor según la encuesta de molestias
- Frecuencia del dolor según la encuesta de molestias

## **X. Conclusiones y recomendaciones**

### **A. Conclusiones**

Después de aplicar el Método FINE se evidenció que el principal riesgo de las áreas de Buff and Polish es el ruido, seguido de los movimientos repetitivos y la aplicación de fuerza. Estos resultados refuerzan la necesidad de enfocar las mediciones específicas en estos riesgos, en lugar de en otros riesgos presentes como el uso de sustancias químicas, la iluminación o la vibración.

Por su parte, al realizar las mediciones de ruido se determinó que la aplicación de plasma es la tarea con mayor exposición a ruido con 85,4 dB en la planta AT&T y 88,4 dB en la planta iPhone. Según estos resultados se considera que las principales medidas de disminución de ruido deben estar enfocadas en esta tarea si se desea obtener un verdadero impacto en la exposición de los trabajadores.

La encuesta de molestias aplicada permitió observar la percepción de los trabajadores sobre los malestares que presentan. Según la encuesta, las muñecas y manos son la principal molestia que tienen los colaboradores. El 43,5% de los colaboradores manifiestan dolor en las muñecas y las manos, tanto derechas como izquierdas, de los cuales el 60% ha experimentado un dolor muy intenso y un 29% un dolor moderadamente intenso. Estos resultados permitieron evidenciar la necesidad de realizar mejoras en los puestos de trabajo para disminuir lesiones a futuro.

A su vez, tanto el Método OWAS como la Herramienta ART confirman que la tarea de Pulido y la de Assy Metal son las que presentan mayores desafíos en temas de ergonomía. Si se desea disminuir la cantidad de lesiones y cambiar los resultados obtenidos durante la aplicación de las encuestas de molestias es necesario realizar mejoras en estos dos puestos de trabajo.

El plan de mejora contiene medidas de sustitución, así como controles ingenieriles, administrativos y de equipo de protección personal con tres diferentes prioridades. Con el fin de disminuir la cantidad de lesiones que se presentan en Buff and Polish, es de gran importancia que Brightpoint implemente todas las medidas de control propuestas, o en su defecto, las medidas de prioridad 1 y 2.

Es importante aclarar que el plan de mejora deberá funcionar como una base para incrementar la calidad de los puestos de trabajo de Buff and Polish. Sin embargo, para obtener los mejores resultados, es necesario mantener una perspectiva de mejora continua, donde año con año se evalúen nuevamente los peligros y se propongan diferentes medidas de control.

## **B. Recomendaciones**

Se recomienda que Brightpoint Costa Rica inicie con la implementación del plan de mejora durante el II Semestre del 2022 y con base en el cronograma propuesto (ver Cuadro 9.8), de forma que se les dé continuidad a los resultados obtenidos en las mediciones realizadas y las encuestas de molestias aplicadas durante el análisis de la situación actual.

Por el alcance de este proyecto, la priorización de las mejoras se basó únicamente en el nivel de jerarquización de los controles propuestos y en el nivel de riesgo. Por ello, se le recomienda a Brightpoint que incluya dentro del análisis de priorización el costo de cada una de las mejoras. Sin embargo, se insta a que todas las medidas propuestas en el plan de mejora se lleven a cabo, aunque tal vez no se puedan realizar en el plazo propuesto.

Se sugiere que todas las evaluaciones realizadas durante este proyecto se repitan como mínimo de forma anual. Además, se propone que las evaluaciones de línea base se ejecuten en todas las áreas productivas y administrativas de la planta. Con base en los resultados de esta evaluación se debe determinar que otras mediciones específicas se pueden realizar en cada una de las áreas (ruido, ergonomía, iluminación, muestreos químicos, entre otros). La encuesta de molestias puede aplicarse en todas las áreas y complementar su análisis con el de los resultados de las mediciones específicas.

## XI. Bibliografía

- Amirah, N., Asma, W., Muda, S., Amin, A., & Him, N. (2019). Analysis of Individual Factors on Employees' Perception towards Safety Culture in the Malaysian Manufacturing Industry. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 292, 613-619. <https://doi.org/10.2991/agc-18.2019.92>.
- ANSI/HFES. (1988). Standard No. 100-1988- American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations.
- Asencio Cuesta, S. (2009). Metodología para la generación de agendas de rotación de puestos de trabajo desde un enfoque ergonómico mediante algoritmos evolutivos. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. Dialnet.
- Asencio-Cuesta, S., Diego-Más, J., González-Cruz, M., & Alcaide-Marzal, J. (2009). Análisis de la rotación de puestos de trabajo desde diferentes perspectivas. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*. Congreso llevado a cabo en Badajoz, España.
- Bourassa, D., Gauthier, F., & Abdul-Nour, G. (2016). Equipment failures and their contribution to industrial incidents and accidents in the manufacturing industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22(1), 131-141. <http://dx.doi.org/10.1080/10803548.2015.1116814>.
- Collado Luis, S. (2008). Prevención de riesgos laborales: principios y marco normativo. *Enpresen Zuzendaritza eta Administrazio Aldizkaria*, 7(1), 91-117.
- Consejo de Salud Ocupacional (CSO). (2020). *Estadísticas de Salud Ocupacional 2019*. [https://www.cso.go.cr/documentos\\_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202019.pdf](https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202019.pdf).
- CSO. (s.f.). *Ergonomía*. Obtenido de Consejo de Salud Ocupacional: [https://www.cso.go.cr/temas\\_de\\_interes/ergonomia/archivos/ergonomia.pdf](https://www.cso.go.cr/temas_de_interes/ergonomia/archivos/ergonomia.pdf)
- Diego-Mas, J. (2015). *Evaluación postural mediante el método REBA*. Obtenido de Ergonautas: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Ergonautas. (2021). *RULER - Medición de ángulos en fotografías*. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>

- Espinoza Ormeño, Y., Hernández Cascarra, K., Ortega López, G., & Pilquil Fernández, M. (2013). Niveles de ruido ocupacional y desempeño audiológico en estudiantes y profesionales de audiología. [Tesis pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116817/Niveles%20de%20ruido%20ocupacional%20y%20desempe%C3%B1o%20audiol%C3%B3gico%20en%20estu.pdf?sequence=1>.
- Fuentes Kerguelén, E. (2015). Plan de Intervención en Salud Ocupacional, en la Planta Empacadora de una finca bananera. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6682/1/239213.pdf>.
- García, V. (2021). *Los mejores goniómetros de médico del 2021*. Obtenido de Ortopedia y más: <https://www.ortopediaymas.com/profesionales/goniometro/medico/>
- Health and Safety Executive. (s.f.). *What is the ART tool?* Obtenido de <https://www.hse.gov.uk/msd/uld/art/whatis.htm>
- Hochdörffer, J., Hedler, M., & Lanza, G. (2017). Staff scheduling in job rotation environments considering ergonomic. *Journal of Manufacturing Systems*, 46, 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.11.005>.
- INSHT. (1991). *Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos (NTP 270)*. [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_270.pdf/9c674732-ce77-481f-8c38-ffc03579bb75?version=1.0&t=1614698422073](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_270.pdf/9c674732-ce77-481f-8c38-ffc03579bb75?version=1.0&t=1614698422073).
- INSHT. (2015). *Posturas de trabajo: evaluación del riesgo*. <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Posturas+de+trabajo.pdf/3ff0eb49-d59e-4210-92f8-31ef1b017e66>.
- Laboratorio de ergonomía aplicada. (s.f.). Cuestionario sobre molestias.
- Madriz, C., & Sánchez, O. (2012). Laboratorio de biomecánica.
- Miranda Chacón, L. (2020). Propuesta de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para el Proceso de Cables y Líneas de la zona metropolitana oeste subzona Heredia del Instituto Costarricense de Electricidad, basado en la norma INTE/ISO

- 45001:2018. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad Nacional]. Repositorio institucional del Instituto Tecnológico de Costa Rica [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12394/TFG\\_Laura\\_Miranda\\_Chac%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12394/TFG_Laura_Miranda_Chac%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Montaño, J. (29 de diciembre de 2020). *Antropometría estática*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/antropometria-estatica/>
- Morán Morales, B. (2018). Determinación de riesgo de trabajo en altura aplicando el método FINE en el área de almacenamiento de prefabricados de hormigón. [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36591/1/TESIS%20MORAN%20MORALES%20%20BRAYAM%20ANDRES.pdf>.
- Moreno Briceño, F., & Godoy, E. (2012). Riesgos Laborales un Nuevo Desafío para la Gerencia. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 15, 38-56.
- Moya, G., & Vásquez, S. (s.f.). *Diseño y Construcción de un Prototipo Funcional Controlado por Computadora para la Rehabilitación de Codo y Muñeca*. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8591/1/AC-MECA-ESPE-047739.pdf>
- Mundaca Barboza, P. (2017). Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para minimizar accidentes laborales en la cantera Josmar - Empresa MABEISA SAC - Ferreñafe. [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniería de Minas]. Universidad César Vallejo.
- Muniagurria, A., & Baravalle, E. (s.f.). *Examen físico de los miembros y de la columna vertebral normales*. Obtenido de Semiología Médica: <https://www.semiologiaclinica.com/index.php/articlecontainer/examenfisico/182-examen-fisico-de-los-miembros-y-de-la-columna-vertebral-normales>
- NIOSH. (21 de Enero de 2015). *Datos Breves de NIOSH: Cómo prevenir los trastornos musculoesqueléticos*. Obtenido de [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120\\_sp/default.html#:~:text=Un%20trastorno%20musculoesquel%C3%A9tico%20relacionado%20con,como%20levantar%2C%20empujar%20o%20jalar](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120_sp/default.html#:~:text=Un%20trastorno%20musculoesquel%C3%A9tico%20relacionado%20con,como%20levantar%2C%20empujar%20o%20jalar)

- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Seguridad y salud en el trabajo*.  
[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms\\_686762.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_686762.pdf).
- Ortiz Páez, M. (2015). Evaluación e implementación de medidas preventivas y correctivas para el control del riesgo ergonómico, en empleados de la sección de pulido y esmaltado de la empresa Franz Viegner, Área Andina S.A. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12656/1/CD-6676.pdf>.
- OSHA. (s.f.). *Trastornos musculoesqueléticos*. Obtenido de  
<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>
- Peixoto Rodriguez, E., & Salcedo Balbuena, C. (2019). Gestión de Seguridad y Salud ocupacional: Evaluación y desarrollo de un Plan de Mejora de la Gestión en la Empresa Meridian Proyectos. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/631319/Peixoto\\_RE.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/631319/Peixoto_RE.pdf?sequence=3).
- Pérez Ortiz, V. (2020). Exposición ocupacional a Ruido, Iluminación y Radiación Ultravioleta de Origen Solar en el Área Rectora de Salud de Alajuelita del Ministerio de Salud. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica & Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio institucional del Instituto Tecnológico de Costa Rica  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12396/TFG\\_V%c3%adctor\\_Hugo\\_P%c3%a9rez\\_Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12396/TFG_V%c3%adctor_Hugo_P%c3%a9rez_Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Quintana Martínez, I. (2019). Medida, análisis y control industrial. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Madrid  
[http://oa.upm.es/65393/1/TFM\\_IVAN\\_QUINTANA\\_NARTINEZ.pdf](http://oa.upm.es/65393/1/TFM_IVAN_QUINTANA_NARTINEZ.pdf).
- Ramesh, R., Prabu, M., Mgibalan, S., & Senthilkumar, P. (2017). Hazard Identification and Risk Assessment in Automotive. *International Journal of ChemTech Research*, 10(4), 352-358.
- Rehabmedic. (s.f.). *Tallímetro con base Seca 217 20-205m*. Obtenido de  
<https://www.rehabmedic.com/seca-tallimetro-con-base-sa217.html>
- Reniers, G. (2017). On the future of safety in the manufacturing industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1292-1296.

Rodríguez-Ruiz, Y., & Guevara-Velasco, C. (2011). Empleo de los métodos ERIN y RULA en la evaluación ergonómica. *Ingeniería Industrial*, 32(1), 19-27.

Saavedra-Robinson, L. (2012). Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia. [*Tesis de doctorado*]. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

Sonmedica. (s.f.). *Antropómetro*. Obtenido de <http://www.sonmedica.com/es/antropometros/2640-antrop%C3%B3metro-39801anth.html>

## Apéndice 1. Evaluación de riesgo

| Peligro  | Nivel de riesgo sin controles |    |     | Grado de Peligrosidad sin controles | Controles existentes  | Nivel de riesgo con controles |    |     | Grado de Peligrosidad con controles | Clasificación del riesgo |
|--|-------------------------------|----|-----|-------------------------------------|---|-------------------------------|----|-----|-------------------------------------|--------------------------|
|  | C                             | E  | P   |                                     |   | C                             | E  | P   |                                     |                          |
| <b>Paso 1. Revisión del material</b>                 |                               |    |     |                                     |   |                               |    |     |                                     |                          |
| <b>Iluminación</b>                                   | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1   | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Posturas inadecuadas</b>                          | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Paso 2. Pulido del Assy Metal (planta iPhone)</b> |                               |    |     |                                     |   |                               |    |     |                                     |                          |
| <b>Ruido</b>   | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Tapones   | 5                             | 10 | 1   | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Iluminación</b>                                   | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1   | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Vibración</b>                                     | 5                             | 10 | 0.5 | 25                                  | Sin controles   | 5                             | 10 | 0.5 | 25                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Mecanismos en movimiento</b>                      | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Dedales para evitar atrapamiento por uso de guantes                             | 1                             | 10 | 3   | 30                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Proyección de partículas</b>                      | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Lentes de seguridad   | 1                             | 10 | 3   | 30                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Objetos penetrantes o filosos</b>                 | 5                             | 10 | 10  | 500                                 | Dedales   | 1                             | 10 | 10  | 100                                 | Riesgo notable           |

| Peligro                             | Nivel de riesgo sin controles |    |    | Grado de Peligrosidad sin controles | Controles existentes  | Nivel de riesgo con controles |    |   | Grado de Peligrosidad con controles | Clasificación del riesgo |
|-------------------------------------|-------------------------------|----|----|-------------------------------------|---|-------------------------------|----|---|-------------------------------------|--------------------------|
|                                     | C                             | E  | P  |                                     |   | C                             | E  | P |                                     |                          |
| <b>Sustancias químicas</b>          | 5                             | 10 | 3  | 150                                 | Dedales   | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Polvo</b>                        | 1                             | 10 | 6  | 60                                  | Sistema de extracción en la mitad de las estaciones de trabajo                  | 1                             | 10 | 6 | 60                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Posturas inadecuadas</b>         | 5                             | 10 | 6  | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Movimientos repetitivos</b>      | 15                            | 10 | 6  | 900                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 6 | 300                                 | Riesgo alto              |
| <b>Aplicación de fuerza</b>         | 15                            | 10 | 6  | 900                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 6 | 300                                 | Riesgo alto              |
| <b>Paso 3. Aplicación de plasma</b> |                               |    |    |                                     |   |                               |    |   |                                     |                          |
| <b>Ruido</b>                        | 15                            | 10 | 10 | 1500                                | Tapones y orejeras  | 15                            | 10 | 6 | 900                                 | Riesgo muy alto          |
| <b>Calor (plasma)</b>               | 5                             | 10 | 6  | 300                                 | Guías de trabajo<br>Señalización del peligro                                    | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Iluminación</b>                  | 5                             | 10 | 3  | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Humos (plasma)</b>               | 15                            | 10 | 6  | 900                                 | Sistemas de extracción  | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |

| Peligro   | Nivel de riesgo sin controles |    |     | Grado de Peligrosidad sin controles | Controles existentes  | Nivel de riesgo con controles |    |     | Grado de Peligrosidad con controles | Clasificación del riesgo |
|---|-------------------------------|----|-----|-------------------------------------|---|-------------------------------|----|-----|-------------------------------------|--------------------------|
|   | C                             | E  | P   |                                     |   | C                             | E  | P   |                                     |                          |
| <b>Posturas inadecuadas</b>                       | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Paso 4. Pulido de las pantallas y carcasas</b> |                               |    |     |                                     |   |                               |    |     |                                     |                          |
| <b>Ruido</b>                                      | 15                            | 10 | 6   | 900                                 | Tapones   | 15                            | 10 | 3   | 450                                 | Riesgo muy alto          |
| <b>Iluminación</b>                                | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1   | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Vibración</b>                                  | 5                             | 10 | 0.5 | 25                                  | Sin controles   | 5                             | 10 | 0.5 | 25                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Mecanismos en movimiento</b>                   | 1                             | 10 | 6   | 60                                  | Guías de trabajo  | 1                             | 10 | 3   | 30                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Proyección de partículas</b>                   | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Lentes de seguridad<br>Uso de agua para evitar la proyección de partículas      | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Objetos penetrantes o filosos</b>              | 5                             | 10 | 10  | 500                                 | Dedales   | 1                             | 10 | 10  | 100                                 | Riesgo notable           |
| <b>Posturas inadecuadas</b>                       | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3   | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Movimientos repetitivos</b>                    | 15                            | 10 | 6   | 900                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 6   | 300                                 | Riesgo alto              |

| Peligro                               | Nivel de riesgo sin controles |    |    | Grado de Peligrosidad sin controles | Controles existentes  | Nivel de riesgo con controles |    |   | Grado de Peligrosidad con controles | Clasificación del riesgo |
|---------------------------------------|-------------------------------|----|----|-------------------------------------|---|-------------------------------|----|---|-------------------------------------|--------------------------|
|                                       | C                             | E  | P  |                                     |   | C                             | E  | P |                                     |                          |
| <b>Aplicación de fuerza</b>           | 15                            | 10 | 6  | 900                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 6 | 300                                 | Riesgo alto              |
| <b>Paso 5. Revisión de calidad</b>    |                               |    |    |                                     |   |                               |    |   |                                     |                          |
| <b>Iluminación</b>                    | 5                             | 10 | 3  | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Posturas inadecuadas</b>           | 5                             | 10 | 6  | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Paso 6. Aplicación de plasma</b>   |                               |    |    |                                     |   |                               |    |   |                                     |                          |
| <b>Ruido</b>                          | 15                            | 10 | 10 | 1500                                | Tapones y orejeras  | 15                            | 10 | 6 | 900                                 | Riesgo muy alto          |
| <b>Calor (plasma)</b>                 | 5                             | 10 | 6  | 300                                 | Guías de trabajo<br>Señalización del peligro                                    | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Iluminación</b>                    | 5                             | 10 | 3  | 150                                 | Iluminación general y localizada  | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Humos (plasma)</b>                 | 15                            | 10 | 6  | 900                                 | Sistemas de extracción  | 5                             | 10 | 1 | 50                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Posturas inadecuadas</b>           | 5                             | 10 | 6  | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |
| <b>Paso 7. Aplicación de rayos UV</b> |                               |    |    |                                     |   |                               |    |   |                                     |                          |
| <b>Radiaciones UV</b>                 | 15                            | 10 | 10 | 1500                                | Luz UV encerrada en material protector  | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |

| Peligro                     | Nivel de riesgo sin controles |    |   | Grado de Peligrosidad sin controles | Controles existentes  | Nivel de riesgo con controles |    |   | Grado de Peligrosidad con controles | Clasificación del riesgo |
|-----------------------------|-------------------------------|----|---|-------------------------------------|---|-------------------------------|----|---|-------------------------------------|--------------------------|
|                             | C                             | E  | P |                                     |   | C                             | E  | P |                                     |                          |
| <b>Sustancias químicas</b>  | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Guantes de nitrilo  | 1                             | 10 | 3 | 30                                  | Riesgo moderado          |
| <b>Posturas inadecuadas</b> | 5                             | 10 | 6 | 300                                 | Dos pausas activas durante la jornada de trabajo<br>Descansos para alimentación | 5                             | 10 | 3 | 150                                 | Riesgo notable           |

## Apéndice 2. Medición de niveles de presión sonora.

**Cuadro A2.1.** Resultados de las mediciones de niveles de presión sonora.

|               | Planta AT&T           |          |          |            | Planta iPhone         |            |          |          |            |
|---------------|-----------------------|----------|----------|------------|-----------------------|------------|----------|----------|------------|
|               | Revisión del material | Plasma   | Pulido   | Máquina UV | Revisión del material | Assy metal | Plasma   | Pulido   | Máquina UV |
| <b>1/hora</b> | 69,0                  | 75,9     | 74,9     | 78,2       | 87,4                  | 79,6       | 86,9     | 69,4     | 86,9       |
|               | 7,94E+06              | 3,89E+07 | 3,09E+07 | 6,61E+07   | 5,50E+08              | 9,12E+07   | 4,90E+08 | 8,71E+06 | 4,90E+08   |
|               | 07:52                 | 07:55    | 07:57    | 08:00      | 08:11                 | 08:14      | 08:16    | 08:19    | 08:22      |
| <b>2/hora</b> | 84,6                  | 88,0     | 76,6     | 76,5       | 76,5                  | 66,0       | 80,8     | 74,5     | 80,8       |
|               | 2,88E+08              | 6,31E+08 | 4,57E+07 | 4,47E+07   | 4,47E+07              | 4,36E+06   | 1,2E+08  | 2,82E+07 | 1,20E+08   |
|               | 08:51                 | 08:53    | 08:56    | 08:58      | 09:10                 | 09:14      | 09:17    | 09:20    | 09:22      |
| <b>3/hora</b> | 66,5                  | 92,1     | 70,9     | 77,9       | 62,8                  | 66,4       | 85,5     | 74,6     | 85,5       |
|               | 4,47E+06              | 1,62E+09 | 1,23E+07 | 6,16E+07   | 1,90E+06              | 4,36E+06   | 3,55E+08 | 2,88E+07 | 3,55E+08   |
|               | 09:54                 | 09:57    | 09:59    | 10:01      | 10:14                 | 10:18      | 10:21    | 10:23    | 10:26      |
| <b>4/hora</b> | 72,2                  | 84,5     | 81,3     | 80,6       | 64,0                  | 72,2       | 80,3     | 75,5     | 80,3       |
|               | 1,66E+07              | 2,83E+08 | 1,35E+08 | 1,15E+08   | 2,51E+06              | 1,66E+07   | 1,07E+08 | 3,55E+07 | 1,07E+08   |
|               | 10:58                 | 11:01    | 11:03    | 11:06      | 11:18                 | 11:21      | 11:24    | 11:27    | 11:30      |
| <b>5/hora</b> | 77,5                  | 76,3     | 75,3     | 70,9       | 55,5                  | 81,2       | 82,3     | 66,4     | 82,3       |
|               | 5,62E+07              | 4,26E+07 | 3,39E+07 | 1,23E+07   | 3,55E+05              | 1,32E08    | 1,70E+08 | 4,36E+06 | 1,7E+08    |
|               | 11:50                 | 11:53    | 11:55    | 11:57      | 12:08                 | 12:11      | 12:14    | 12:17    | 12:20      |
| <b>6/hora</b> | 77,1                  | 79,3     | 74,2     | 76,0       | 68,3                  | 65,9       | 79,4     | 73,1     | 73,0       |
|               | 5,13E+07              | 8,51E+07 | 2,63E+07 | 3,98E+07   | 6,76E+06              | 3,89E+06   | 8,71E+07 | 2,04E+07 | 2,82E+08   |
|               | 13:33                 | 13:36    | 13:38    | 13:40      | 13:53                 | 13:56      | 13:59    | 14:02    | 14:04      |
| <b>7/hora</b> | 68,3                  | 73,9     | 75,0     | 75,5       | 63,1                  | 71,2       | 89,7     | 71,0     | 84,5       |

|                       | Planta AT&T           |             |             |             | Planta iPhone         |             |             |             |             |
|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | Revisión del material | Plasma      | Pulido      | Máquina UV  | Revisión del material | Assy metal  | Plasma      | Pulido      | Máquina UV  |
|                       | 6,76E+06              | 2,45E+07    | 3,16E+07    | 3,55E+07    | 2,04E+06              | 1,32E+07    | 9,33E+08    | 1,26        | 2,82E+08    |
|                       | 14:45                 | 14:47       | 14:50       | 14:52       | 15:02                 | 15:05       | 15:08       | 15:11       | 15:14       |
| <b>8/hora</b>         | 64,6                  | 77,8        | 67,1        | 75,0        | 58,6                  | 76,0        | 95,1        | 66,3        | 80,1        |
|                       | 2,88E+06              | 6,02E+07    | 5,13E+06    | 3,16E+07    | 7,24                  | 3,98E+07    | 3,24E+09    | 4,26E+06    | 1,02E+08    |
|                       | 15:43                 | 15:45       | 15:47       | 15:49       | 15:59                 | 16:01       | 16:04       | 16:07       | 16:10       |
| <b>Valor promedio</b> | <b>77,3</b>           | <b>85,4</b> | <b>76,0</b> | <b>77,1</b> | <b>78,8</b>           | <b>75,8</b> | <b>88,4</b> | <b>72,5</b> | <b>83,8</b> |

### Apéndice 3. Resultados de la encuesta de molestias.

Cuadro A3.1. Resultados de encuestas de la planta AT&T.

| Parte del cuerpo |      | Frecuencia en la que ha sentido dolor |         |         |       |               | Si ha experimentado dolor, ¿qué tan intenso ha sido? |          |       | Si ha sentido dolor, ha interferido con su capacidad para trabajar |      |       |
|------------------|------|---------------------------------------|---------|---------|-------|---------------|--|----------|-------|--|------|-------|
|                  |      | Nunca                                 | 1-2/sem | 2-3/sem | 1/día | varias al día | Poco   | Moderado | Mucho | No   | Poco | Mucho |
| Cabeza           |      | 8                                     | 8       | 6       | 1     | 3             | 2  | 11       | 5     | 4  | 9    | 5     |
| Ojos             | Izq. | 15                                    | 4       | 4       | 2     | 1             | 1  | 9        | 1     | 3  | 5    | 3     |
|                  | Der. | 15                                    | 3       | 4       | 3     | 1             | 1  | 9        | 1     | 3  | 6    | 2     |
| Cuello           |      | 5                                     | 4       | 4       | 2     | 11            | 2  | 9        | 10    | 4  | 9    | 8     |
| Hombro           | Izq. | 6                                     | 2       | 4       | 5     | 9             | 0  | 9        | 11    | 0  | 11   | 9     |
|                  | Der. | 7                                     | 3       | 2       | 5     | 9             | 0  | 9        | 10    | 0  | 12   | 7     |
| Espalda alta     |      | 9                                     | 6       | 1       | 0     | 10            | 3  | 4        | 10    | 2  | 9    | 6     |
| Brazo            | Izq. | 6                                     | 4       | 5       | 2     | 9             | 2  | 10       | 8     | 2  | 11   | 7     |
|                  | Der. | 8                                     | 1       | 5       | 2     | 10            | 1  | 9        | 8     | 1  | 10   | 7     |
| Espalda baja     |      | 8                                     | 2       | 4       | 2     | 10            | 1  | 9        | 8     | 2  | 8    | 8     |
| Antebrazo        | Izq. | 11                                    | 5       | 1       | 5     | 4             | 1  | 10       | 4     | 3  | 7    | 5     |
|                  | Der. | 8                                     | 3       | 2       | 7     | 6             | 2  | 11       | 5     | 3  | 8    | 7     |
| Muñeca y mano    | Izq. | 6                                     | 3       | 3       | 1     | 13            | 3  | 5        | 12    | 1  | 9    | 10    |
|                  | Der. | 4                                     | 2       | 6       | 2     | 12            | 2  | 6        | 14    | 1  | 11   | 10    |
| Cadera           |      | 19                                    | 2       | 2       | 1     | 2             | 2  | 5        | 0     | 3  | 4    | 0     |
| Muslo            | Izq. | 22                                    | 3       | 0       | 1     | 0             | 0  | 4        | 0     | 3  | 1    | 0     |
|                  | Der. | 22                                    | 2       | 1       | 1     | 0             | 1  | 3        | 0     | 3  | 1    | 0     |
| Rodilla          | Izq. | 19                                    | 3       | 2       | 1     | 1             | 1  | 5        | 1     | 5  | 2    | 0     |
|                  | Der. | 21                                    | 2       | 2       | 1     | 0             | 1  | 4        | 0     | 3  | 2    | 0     |
| Pierna           | Izq. | 21                                    | 2       | 3       | 0     | 0             | 0  | 4        | 1     | 2  | 2    | 1     |
|                  | Der. | 21                                    | 2       | 3       | 0     | 0             | 0  | 4        | 1     | 2  | 2    | 1     |
| Pies             | Izq. | 18                                    | 2       | 4       | 1     | 1             | 1  | 7        | 0     | 4  | 4    | 0     |
|                  | Der. | 18                                    | 2       | 4       | 1     | 1             | 1  | 7        | 0     | 4  | 4    | 0     |

**Cuadro A3.2.** Resultados de encuestas de la planta iPhone.

| Parte del cuerpo     | Frecuencia en la que ha sentido dolor |         |         |       |               | Si ha experimentado dolor, ¿qué tan intenso ha sido? |          |       | Si ha sentido dolor, ha interferido con su capacidad para trabajar |      |       |    |
|----------------------|---------------------------------------|---------|---------|-------|---------------|--|----------|-------|--|------|-------|----|
|                      | Nunca                                 | 1-2/sem | 2-3/sem | 1/día | varias al día | Poco   | Moderado | Mucho | No   | Poco | Mucho |    |
| <b>Cabeza</b>        | 17                                    | 4       | 3       | 3     | 9             | 2  | 8        | 9     | 2  | 11   | 6     |    |
| <b>Ojos</b>          | Izq.                                  | 31      | 0       | 0     | 1             | 4  | 2        | 1     | 2  | 1    | 3     | 1  |
|                      | Der.                                  | 31      | 0       | 1     | 0             | 4  | 2        | 1     | 2  | 1    | 2     | 2  |
| <b>Cuello</b>        | 22                                    | 1       | 4       | 1     | 8             | 2  | 6        | 6     | 2  | 9    | 3     |    |
| <b>Hombro</b>        | Izq.                                  | 21      | 2       | 4     | 0             | 9  | 2        | 5     | 8  | 2    | 6     | 7  |
|                      | Der.                                  | 18      | 3       | 3     | 1             | 11   | 1        | 4     | 13   | 2    | 7     | 9  |
| <b>Espalda alta</b>  | 22                                    | 3       | 1       | 1     | 9             | 0  | 9        | 5     | 0  | 9    | 5     |    |
| <b>Brazo</b>         | Izq.                                  | 26      | 2       | 1     | 0             | 7  | 0        | 8     | 2  | 1    | 5     | 4  |
|                      | Der.                                  | 23      | 1       | 1     | 0             | 11   | 0        | 6     | 7  | 1    | 7     | 5  |
| <b>Espalda baja</b>  | 25                                    | 1       | 1       | 0     | 9             | 0  | 5        | 6     | 2  | 4    | 5     |    |
| <b>Antebrazo</b>     | Izq.                                  | 32      | 0       | 0     | 0             | 4  | 2        | 0     | 2  | 1    | 1     | 2  |
|                      | Der.                                  | 26      | 0       | 1     | 1             | 8  | 2        | 2     | 6  | 2    | 3     | 5  |
| <b>Muñeca y mano</b> | Izq.                                  | 17      | 1       | 3     | 1             | 14   | 2        | 6     | 11   | 0    | 7     | 12 |
|                      | Der.                                  | 15      | 1       | 3     | 2             | 15   | 2        | 7     | 12   | 1    | 9     | 11 |
| <b>Cadera</b>        | 32                                    | 1       | 1       | 0     | 2             | 0  | 2        | 2     | 0  | 2    | 2     |    |
| <b>Muslo</b>         | Izq.                                  | 36      | 0       | 0     | 0             | 0  | 0        | 0     | 0  | 0    | 0     | 0  |
|                      | Der.                                  | 35      | 1       | 0     | 0             | 0  | 1        | 0     | 0  | 1    | 0     | 0  |
| <b>Rodilla</b>       | Izq.                                  | 35      | 0       | 0     | 0             | 1  | 0        | 0     | 1  | 0    | 0     | 1  |
|                      | Der.                                  | 33      | 1       | 2     | 0             | 0  | 2        | 1     | 0  | 2    | 1     | 0  |
| <b>Pierna</b>        | Izq.                                  | 35      | 0       | 0     | 0             | 1  | 0        | 0     | 1  | 0    | 0     | 1  |
|                      | Der.                                  | 35      | 0       | 1     | 0             | 0  | 1        | 0     | 0  | 1    | 0     | 0  |
| <b>Pies</b>          | Izq.                                  | 29      | 1       | 1     | 1             | 4  | 2        | 4     | 1  | 4    | 2     | 1  |
|                      | Der.                                  | 31      | 2       | 0     | 0             | 3  | 1        | 3     | 1  | 3    | 2     | 0  |

## Apéndice 4. Resultados Método OWAS

Cuadro A4.1. Resultados de evaluación por medio del Método OWAS para AT&T.

|  | Espalda  | Brazos                                 | Piernas | Cargas      |
|--|--|--|---------|-------------|
| <b>Revisión del material</b>             |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 2  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Inclinada adelante   | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Aplicación de plasma</b>              |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 1  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Erguida  | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 1: No se requieren medidas correctoras                   |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Pulido</b>                            |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 2  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Inclinada adelante   | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Máquina UV</b>                        |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 1  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Erguida  | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 1: No se requieren medidas correctoras                   |  |         |             |

|  | Espalda | Brazos | Piernas | Cargas |
|--|---------|--------|---------|--------|
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%    |        |         |        |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1       | 1      | 1       |        |

**Cuadro A4.2.** Resultados de evaluación por medio del Método OWAS para iPhone.

|  | Espalda  | Brazos                                 | Piernas | Cargas      |
|--|--|--|---------|-------------|
| <b>Revisión del material</b>             |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 2  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Inclinada adelante   | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Assy Metal</b>                        |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 2  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Inclinada adelante   | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Aplicación de plasma</b>              |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 1  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Erguida  | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 1: No se requieren medidas correctoras                   |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Pulido</b>                            |  |  |         |             |

|  | Espalda  | Brazos                                 | Piernas | Cargas      |
|--|--|--|---------|-------------|
| <b>Código</b>                            | 2  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Inclinada adelante   | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 2: Se requieren medidas correctoras en un futuro cercano |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |
| <b>Máquina UV</b>                        |  |  |         |             |
| <b>Código</b>                            | 1  | 1                                      | 1       | 1           |
| <b>Postura</b>                           | Erguida  | Ambos brazos por debajo de los hombros | Sentado | Peso ≤10 kg |
| <b>Categoría</b>                         | Categoría 1: No se requieren medidas correctoras                   |  |         |             |
| <b>Porcentaje del tiempo del trabajo</b> | 100%   |  |         |             |
| <b>Aceptabilidad de las posturas</b>     | 1  | 1                                      | 1       |             |

## Apéndice 5. Resultados de la herramienta ART.

Cuadro A5.1. Resultados de la herramienta ART.

|                          | AT&T                 |      |                      |      |        |      |            |      | iPhone               |      |            |      |                      |      |        |      |            |      |
|--------------------------|----------------------|------|----------------------|------|--------|------|------------|------|----------------------|------|------------|------|----------------------|------|--------|------|------------|------|
|                          | Revisión de material |      | Aplicación de plasma |      | Pulido |      | Máquina UV |      | Revisión de material |      | Assy Metal |      | Aplicación de plasma |      | Pulido |      | Máquina UV |      |
|                          | Izq.                 | Der. | Izq.                 | Der. | Izq.   | Der. | Izq.       | Der. | Izq.                 | Der. | Izq.       | Der. | Izq.                 | Der. | Izq.   | Der. | Izq.       | Der. |
| Movimiento del brazo     | 0                    | 3    | 0                    | 0    | 6      | 6    | 3          | 3    | 0                    | 3    | 0          | 6    | 0                    | 0    | 6      | 6    | 3          | 3    |
| Repeticiones             | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 3      | 3    | 0          | 0    | 0                    | 0    | 0          | 3    | 0                    | 0    | 3      | 3    | 0          | 0    |
| Esfuerzo                 | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 5      | 5    | 0          | 0    | 0                    | 0    | 0          | 8    | 0                    | 0    | 5      | 5    | 0          | 0    |
| Postura de cabeza/cuello | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 0      | 0    | 1          | 1    | 1                    | 1    | 1          | 1    | 0                    | 0    | 1      | 1    | 1          | 1    |
| Postura de espalda       | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 2      | 2    | 1          | 1    | 1                    | 1    | 1          | 1    | 0                    | 0    | 1      | 1    | 1          | 1    |
| Postura del brazo        | 0                    | 2    | 0                    | 2    | 4      | 4    | 2          | 2    | 0                    | 2    | 2          | 2    | 0                    | 2    | 4      | 4    | 2          | 2    |
| Postura de muñeca        | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 1      | 1    | 0          | 0    | 0                    | 1    | 0          | 0    | 0                    | 0    | 0      | 0    | 0          | 0    |
| Agarre con dedos/mano    | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 0      | 0    | 0          | 0    | 0                    | 0    | 1          | 1    | 0                    | 0    | 0      | 0    | 0          | 0    |
| Pausas                   | 2                    | 2    | 2                    | 2    | 2      | 2    | 2          | 2    | 2                    | 2    | 2          | 2    | 2                    | 2    | 2      | 2    | 2          | 2    |
| Ritmo de trabajo         | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 1      | 1    | 0          | 0    | 1                    | 1    | 2          | 2    | 0                    | 0    | 1      | 1    | 0          | 0    |
| Otros factores           | 0                    | 0    | 0                    | 0    | 2      | 2    | 0          | 0    | 0                    | 0    | 1          | 1    | 0                    | 0    | 2      | 2    | 0          | 0    |
| Subtotal                 | 2                    | 7    | 2                    | 4    | 26     | 26   | 9          | 9    | 5                    | 11   | 10         | 27   | 2                    | 4    | 25     | 25   | 9          | 9    |
| Duración                 | 0,5                  | 0,5  | 0,5                  | 0,5  | 0,5    | 0,5  | 0,5        | 0,5  | 0,5                  | 0,5  | 0,5        | 0,5  | 0,5                  | 0,5  | 0,5    | 0,5  | 0,5        | 0,5  |
| Total                    | 1                    | 3,5  | 1                    | 2    | 13     | 13   | 4,5        | 4,5  | 2,5                  | 5,5  | 5          | 13,5 | 1                    | 2    | 12,5   | 12,5 | 4,5        | 4,5  |

## Apéndice 6. Priorización de las medidas de mejora

**Cuadro A6.1.** Priorización de las medidas de mejora propuestas.

| Mejora propuesta                                 | Puntaje según nivel de jerarquización | Puntaje según nivel de riesgo | Puntaje total | Prioridad |
|--|---------------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------|
| Traslado del motor de la máquina de pulido       | 6                                     | 1                             | 7             | 2         |
| Compra de máquina semiautomática de pulido       | 6                                     | 3                             | 9             | 1         |
| Traslado del motor del sistema de extracción     | 4                                     | 6                             | 10            | 1         |
| Aislamiento de la máquina de plasma              | 4                                     | 6                             | 10            | 1         |
| Silenciadores en las pistolas de aire comprimido | 4                                     | 6                             | 10            | 1         |
| Cambios de las sillas de trabajo                 | 4                                     | 1                             | 5             | 3         |
| Uso de descansapiés                              | 4                                     | 1                             | 5             | 3         |
| Programa de Conservación auditiva                | 2                                     | 6                             | 8             | 2         |
| Señalización                                     | 2                                     | 6                             | 8             | 2         |
| Plan de rotación                                 | 2                                     | 3                             | 5             | 3         |
| Capacitaciones de ergonomía                      | 2                                     | 3                             | 5             | 3         |
| Ejercicios exclusivos para pausas activas        | 2                                     | 3                             | 5             | 3         |
| Uso de orejeras y tapones                        | 0                                     | 6                             | 6             | 3         |

## Anexo 1. Encuesta de molestias

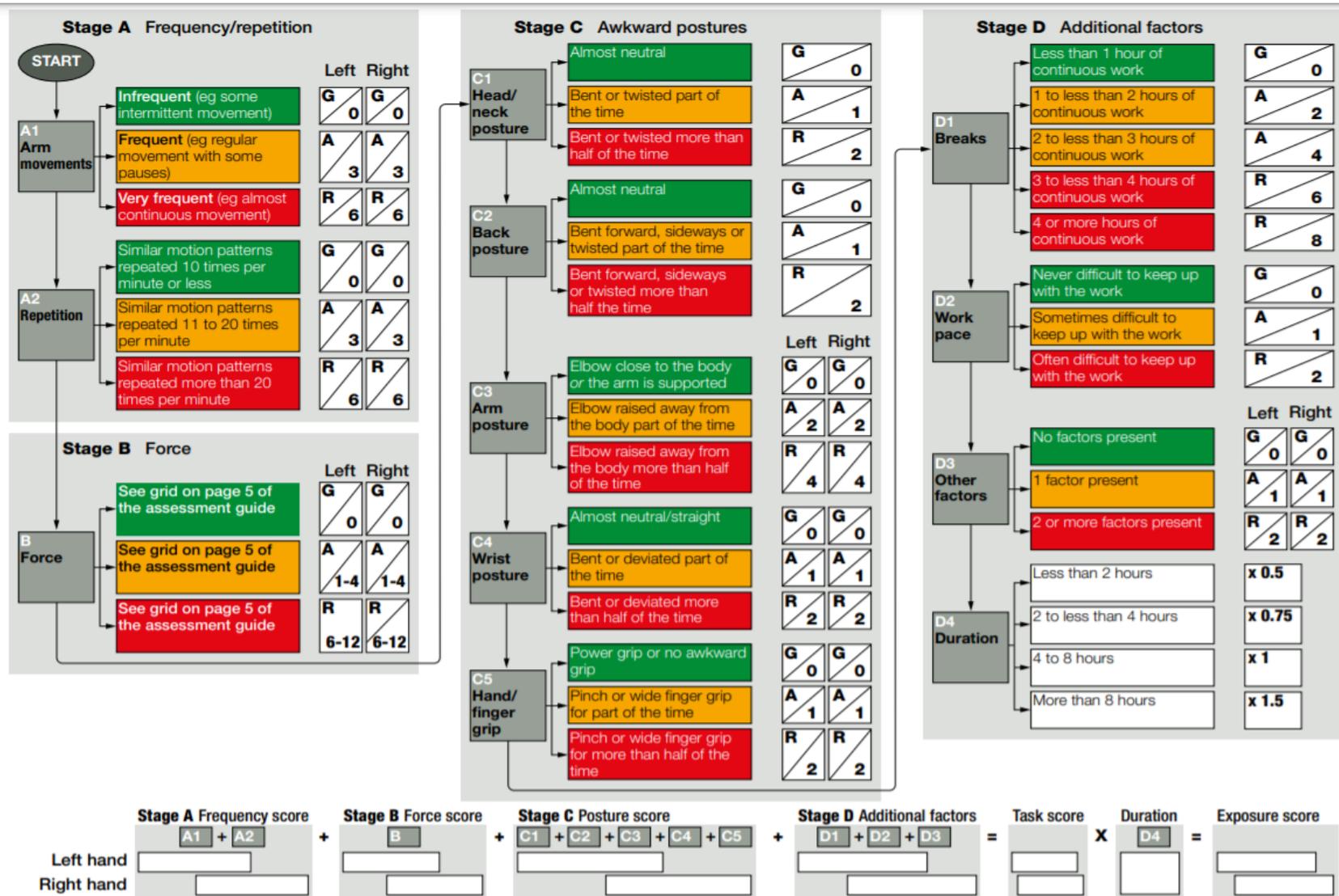
Los diagramas laterales muestran la posición aproximada de la parte del cuerpo a la que se refiere el cuestionario. Por favor marque la casilla correcta.

Puesto de trabajo: \_\_\_\_\_ Planta: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

| Parte del Cuerpo | Frecuencia en la que ha sentido dolor |              |              |       |                  | Si ha experimentado dolor, ¿qué tan intenso ha sido? |          |       | Si ha tenido dolor, el dolor ha interferido con su capacidad para trabajar |      |       |
|------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|-------|------------------|--|----------|-------|--|------|-------|
|                  | Nunca                                 | 1-2/<br>sem. | 2-3/<br>sem. | 1/día | varias<br>al día | Poco   | Moderado | Mucho | NO   | Poco | Mucho |
| Cabeza           |                                       |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Ojos             | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Cuello           |                                       |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Hombro           | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Espalda alta     |                                       |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Brazo            | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Espalda baja     |                                       |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Antebrazo        | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Muñeca y mano    | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Cadera           |                                       |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Muslo            | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Rodilla          | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Pierna           | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
| Pies             | izq                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |
|                  | der                                   |              |              |       |                  |  |          |       |  |      |       |

Fuente: Laboratorio de ergonomía aplicada (s.f.).

## Anexo 2. Herramienta ART.



Fuente: HSE (s.f.).

### Anexo 3. Dimensiones recomendadas para las estaciones de trabajo

**Cuadro An3.1.** Dimensiones recomendadas para las mesas de trabajo.

| Dimensión                                      | Recomendación  |
|--|--|
| Espacio vertical para muslos y piernas         | 72 cm para superficies de trabajo no ajustables<br>Una superficie de trabajo ajustable debe ser ajustable entre 50-72 cm (19.5 -28 pulgadas) |
| Espacio mínimo para las rodillas (profundidad) | 43 cm (17.5 pulgadas)  |
| Espacio mínimo para los pies (profundidad)     | 60 cm (23.5 pulgadas)  |
| Largo de superficie de trabajo                 | 102-114 cm (40-45 pulgadas)  |
| Apoyo para los pies                            | Disponible para personas pequeñas  |
| Grosor de la superficie de trabajo             | 4 cm (1.75 pulgadas)   |
| Superficie de trabajo                          | Bordes y esquinas redondeadas (radio mínimo 3mm o 0.1 pulgadas) y no reflectiva  |

Fuente: ANSI/HFES No. 100-1988

**Cuadro An3.2.** Dimensiones recomendadas para las sillas de trabajo.

| Característica                | Medidas (cm)        |                          | Tipo de medida   |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------|--|
| <b>Asiento</b>                | Alto                | 40-52                    | Altura ajustable   |
|                               | Ancho               | 45                       | Medida mínima  |
|                               | Largo (profundidad) | 38-43                    | 43 es la medida máxima, 38 medida mínima                             |
|                               | Ángulo              | 0°-10°                   |  |
| <b>Respaldar</b>              | Altura central      | 15-25                    | Ajustable  |
|                               | Ancho               | 30                       | Medida mínima  |
|                               | Radio horizontal    | Cóncavo                  |  |
|                               | Radio vertical      | Convexo                  |  |
| <b>Reposabrazos</b>           | Largo               |                          |  |
|                               | Ancho               | 5                        | Medida mínima  |
|                               | Alto                | 16-23                    | 16 es la medida mínima y 23 la medida máxima                         |
| <b>Apoyo lumbar ajustable</b> |                     | 15-22,9 sobre el asiento | El apoyo lumbar debe tener una protuberancia de 2 pulgadas (5 cm) de |

|                                   |    |                              |
|-----------------------------------|----|------------------------------|
|                                   |    | la parte trasera del asiento |
| <b>Espacio entre reposabrazos</b> | 46 | Medida mínima                |

Fuente: ANSI/HFES No. 100-1988