



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA**

**INDUSTRIAL**

**PROYECTO TECNOLÓGICO**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO EN  
EL TÚNEL DE LUZ FINESSE EN EL ÁREA DE PINTURA DE LA  
EMPRESA CIAUTO”.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Industrial

**Autor:**

Esteban Gregorio Toapanta Toaquiza

**Tutor:**

Ing. MSc. Ángel Marcelo Tello Córdor

**Latacunga –Ecuador**

**Febrero -2024**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Toapanta Toaquiza Esteban Gregorio declaro ser autor del presente proyecto de investigación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO EN EL TUNEL DE LUZ FINESSE EN EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO", siendo el Ing. Ángel Marcelo Tello Condor, tutor del presente trabajo; se eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Esteban Gregorio Toapanta Toaquiza

C.C.: 0503664401

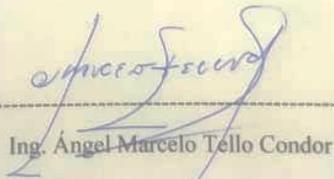


## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:  
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO EN EL TUNEL DE  
LUZ FINESSE EN EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO", del autor:  
Toapanta Toaquiza Esteban Gregorio, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho  
Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-  
técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto  
que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la  
Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2024.

TUTOR



---

Ing. Angel Marcelo Tello Condor

C.C.:0501518559



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

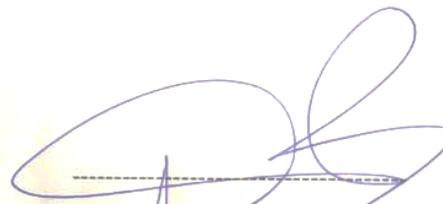
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Proyecto tecnológico de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la ingeniería y aplicadas ; por cuanto, el postulante: TOAPANTA TOAQUIZA ESTEBAN GREGORIO con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE ESTACIONES DE TRABAJO EN EL TUNEL DE LUZ FINESSE EN EL AREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, febrero 2024

Para constancia firman:

  
Lector 1 (Presidente)  
Ing. Msc Raúl Andrango  
CC:1717526253

  
Lector 2  
Ing. Msc Freddy Quinchinbla  
CC:1719310508

  
Lector 3  
Ing. Msc Cristian Eugenio  
CC:1723727473

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios y a Jesucristo, quienes han sido la fuente de mi fortaleza y guía durante todo este proceso.*

*Agradezco al Ing. Ángel Tello, mi asesor, debido a que su conocimiento y guía experta han resultado invaluable para el desarrollo de esta tesis. Su mentoría no solo ha contribuido a mi crecimiento académico, sino también a mi crecimiento personal.*

*A todos mis amigos, gracias por su apoyo incondicional, y su amistad que han sido unos de los pilares fundamentales en mi proceso académico.*

*Agradezco a mi padre por su amor, comprensión constante. Su apoyo emocional ha sido un pilar fundamenta*

*Por último, pero no menos importante, agradezco a la empresa CIAUTO por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto tecnológico y a su vez aportar con el crecimiento académico y experiencia*

*A todos ustedes por brindarme el apoyo. comprensión. para llegar a la culminación de mi tesis.*

**Esteban T.**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres,*

*A todos ustedes, gracias por ser una parte importante de este logro.*

***Esteban T.***

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1 EL PROBLEMA .....	15
1.1.1 Planteamiento del problema .....	15
1.1.2 Formulación de el problema .....	15
1.2 BENEFICIARIOS .....	16
1.2.1 Beneficiarios directos.....	16
1.2.2 Beneficiarios indirectos.....	16
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	17
1.4 HIPOTESIS .....	17
1.5 OBJETIVOS .....	17
1.5.1 General .....	18
1.5.2 Específicos.....	18
<b>2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>20</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	20
<b>3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>25</b>
3.1 METODOLOGÍA .....	25
3.1.1 Enfoque de investigación.....	25
3.1.1.1 Enfoque mixto.....	25
3.1.2 Nivel de investigación .....	26
3.1.3 Métodos teóricos a emplear .....	26
3.1.4 Técnicas e instrumentos de investigación .....	27
3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
3.2.1 Análisis y discusión del primero objetivo .....	28
3.2.2 Análisis y discusión del segundo objetivo.....	37
3.2.3 Análisis y discusión del tercer objetivo.....	47
3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA.....	53
3.3.1 Evaluación técnica .....	53
3.3.2 Evaluación social .....	54

3.3.3	Evaluación ambiental .....	54
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....</b>	<b>54</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	54
4.2	RECOMENDACIONES .....	55
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>55</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1 Mapa de skateholder.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 1.2. Sistema de tareas.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 3.3. Softwares utilizados .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 3.4. Tabla comparativa luminarias .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 3.5. Coeficientes de reflexión .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 3.6. Factor de mantenimiento.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 3.7. Propuesta #1 sistema neumático.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 3.8. Propuesta #2 sistema neumático.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 3.9. Propuesta #1 sistema eléctrico .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3.10. Costos totales .....</b>	<b>47</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.2.1</b>	<b>Tunel de luz.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3.2.2</b>	<b>Curvas isolux .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 3.2.3</b>	<b>Circuito de fuerza .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3.2.4</b>	<b>Circuito de control.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 3.2.5</b>	<b>Visualización en 3D túnel de luz finesse.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3.2.6</b>	<b>Plano CAD túnel finesse .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3.2.7</b>	<b>Plano 3D sistema neumático.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3.2.8.</b>	<b>factor de utilización .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 3.2.9.</b>	<b>Distribución de luminarias .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.2.10.</b>	<b>Montaje sistema de aire.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3.2.11.</b>	<b>Acondicionamiento eléctrico .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 3.2.12.</b>	<b>Pruebas luminarias .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 3.2.13.</b>	<b>Presión y caudal.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3.2.14.</b>	<b>Medicion de luxometro antes del proyecto .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3.2.15.</b>	<b>Pruebas de funcionamiento estaciones.....</b>	<b>53</b>

# UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO EN EL TUNEL DE LUZ FINESSE EN EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO”

**Autor:**

Toapanta Toaquiza Esteban Gregorio

### RESUMEN

El objetivo central de este proyecto fue el diseño e implementación de estaciones de trabajo en el túnel Finesse, con un enfoque integral que abarcó la mejora de la iluminación, nuevo sistema de aire y la comodidad. La problemática inicial radicaba en el inadecuado acondicionamiento del túnel, con especial énfasis en los desafíos que presentaban los niveles de iluminación insuficientes, afectando directamente las tareas de inspección visual y control de calidad. La metodología adoptada para abordar estos desafíos fue de naturaleza mixta, combinando el análisis cuantitativo de luminosidad y el cualitativo a través de entrevistas a los operarios, empleando herramientas como simulaciones en software, análisis documental y mediciones de iluminación para una comprensión exhaustiva del contexto.

Los hallazgos del estudio condujeron a la selección adecuada de luminarias, a la definición precisa de los requerimientos de iluminación, y al diseño específico de sistemas eléctrico y neumático, culminando en la implementación de estaciones de trabajo. Este proceso no solo se alineó con las normativas técnicas, sino que también marcó una mejora significativa en las condiciones laborales, evidenciando un incremento en la productividad. La conclusión del proyecto resalta que, mediante un proceso detallado de diagnóstico, análisis, y selección de alternativas, se logró un diseño efectivo de estaciones, demostrando la importancia de un enfoque integral para la optimización de las estaciones de trabajo, que trasciende la mera mejora de la iluminación y contribuye sustancialmente a los procesos de control de calidad y a la experiencia general del trabajador.

**Palabras clave:** iluminación, diseño, implementación, condición laboral, estaciones de trabajo.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TOPIC:** "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF WORK STATIONS IN THE FINESSE LIGHT TUNNEL IN THE PAINTING AREA OF CIAUTO COMPANY"

Author:  
Toapanta Toaquiza Esteban Gregorio

### ABSTRACT

The central objective of this project was the design and implementation of workstations within the Finesse tunnel, adopting a comprehensive approach that encompassed the enhancement of lighting, the introduction of a new air system, and overall comfort. The initial problem stemmed from the inadequate conditioning of the tunnel, with a special focus on the challenges posed by insufficient lighting levels, which directly impacted visual inspection tasks and quality control efforts. The methodology employed to tackle these challenges was of a mixed nature, combining quantitative analysis of brightness and qualitative insights through interviews with operators, utilizing tools such as software simulations, documentary analysis, and lighting measurements for a thorough understanding of the context.

The findings of the study led to the appropriate selection of light fixtures, the precise definition of lighting requirements, and the specific design of electrical and pneumatic systems, culminating in the implementation of workstations. This process not only aligned with technical regulations but also marked a significant improvement in working conditions, demonstrating an increase in productivity. The project's conclusion underscores that, through a detailed process of diagnosis, analysis, and selection of alternatives, an effective design of stations was achieved, highlighting the importance of a comprehensive approach to the optimization of workstations. This approach transcends mere lighting improvements and substantially contributes to quality control processes and the overall worker experience.

**Keywords:** lighting, design, implementation, working condition, workstation

## **INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO EN EL TUNEL DE LUZ FINESSE EN EL ÁREA DE PINTURA DE LA EMPRESA CIAUTO”.

### **Fecha de inicio:**

Octubre de 2023.

### **Fecha de finalización:**

Febrero de 2024.

### **Lugar de ejecución:**

Provincia Tungurahua / Ciudad Ambato / Parroquia Cunchibamba / Área de pintura de la empresa CIAUTO, ubicada en Barrio Augusto N. Martínez

### **Unidad Académica que auspicia**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

Optimización de procesos productivos utilizando métodos y técnicas para mejoramiento continuo en el sector productivo.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:**

MSc. Ing. Ángel Marcelo Tello Condor

**Consultor:**

Ing. Miguel Ángel Taipe

**Autor:**

Toapanta Toaquiza Esteban Gregorio

**Área de Conocimiento:**

**Campo amplio:**

(07) Ingeniería, industria y construcción (CES).

**Campo específico:**

(02) Ingeniería y producción (CES).

**Línea de investigación:**

Procesos Industriales.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Calidad, diseño de procesos productivos e ingeniería de métodos.

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 EL PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

La empresa CIAUTO posee un túnel de luz denominado Finesse en su área de pintura automotriz, por el cual deben transitar los vehículos para realizar las respectivas verificaciones de calidad luego de las aplicaciones de pintura.

Sin embargo, este túnel no cuenta actualmente con estaciones de trabajo adecuadas para que los operarios puedan ejecutar de forma cómoda, eficiente y confiable los procesos de inspección y control de calidad requeridos.

Además, la tecnología obsoleta del túnel de luz existente agrava la situación. La falta de características y tecnologías actualizadas, como iluminación deficiente, sistemas de detección de defectos desactualizados y herramientas de análisis limitadas, dificulta la identificación y corrección de problemas en las superficies pintadas de los vehículos. Esto puede resultar en la entrega de vehículos con defectos estéticos o de calidad, afectando la satisfacción del cliente.

Adicionalmente, las limitaciones del túnel de luz aumentan el riesgo de errores humanos en el proceso de inspección y control de calidad.

### **1.1.2 Formulación de el problema**

"La falta de estaciones de trabajo adecuadas en el túnel de luz Finesse del área de pintura, generando ineficiencias en el proceso de verificación de pintura automotriz. Se requiere diseñar e implementar estaciones de trabajo funcionales que mejoren la comodidad y trabajo.

## 1.2 BENEFICIARIOS

Tabla 1.1 Mapa de skateholder

<b>Nivel de influencia</b>	<b>Alto</b>	<p><b>Mantener satisfechos</b></p> <p>Gerente de producción Gerente general Empresas automotrices</p>	<p><b>Administrar de cerca</b></p> <p>Proveedores</p>	
	<b>Medio</b>	<p>Cientes</p> <p>Supervisor de seguridad: Empleados en general</p>	<p>Coordinadora de talento humano Inspección de calidad</p> <p>Operarios</p>	
	<b>Bajo</b>	<p><b>Monitorear</b></p>	<p><b>Mantener informados</b></p>	
		<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
		<b>Nivel de interés</b>		

### 1.2.1 Beneficiarios directos

Operarios de inspección y control de calidad vehicular: 12 personas

Supervisores de producción: 3 personas

### 1.2.2 Beneficiarios indirectos

Proveedores: 20

Cientes

Empleados de la empresa en general: más de 200 personas

Gerencia de producción: 1 persona

Gerencia general: 1 persona

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente propuesta de implementar estaciones de trabajo en el nuevo túnel de luz Finesse del área de pintura de CIAUTO se fundamenta en la necesidad crítica de optimizar la eficiencia operativa y el control de calidad en el estratégico proceso de inspección de acabado de los vehículos producidos.

El constante crecimiento en la demanda está generando un aumento sustancial en los volúmenes de producción de pintura. Sin embargo, en la situación actual ya se observan cuellos de botella y tiempos de espera excesivos durante las inspecciones en el túnel. Las estaciones de trabajo planteadas permitirán una distribución más estratégica de las tareas entre los operarios.

Asimismo, la ambigüedad en la asignación de funciones dificulta un control efectivo y sistemático de la calidad. Las estaciones de trabajo ayudarán a definir criterios de inspección más precisos, formalizar el registro de defectos detectados, y mejorar la retroalimentación a los aplicadores de pintura. Con esto se prevé aumentar la detección temprana de imperfecciones, reduciendo la necesidad de retoques minuciosos o reprocesos continuos.

La consecuente disminución de defectos estéticos o de funcionamiento en los vehículos mitigará costos por garantías o pérdida de clientes. Así, esta optimización de los procesos de inspección y control de calidad no solo elevará la eficiencia interna, sino que fortalecerá la satisfacción de los clientes y la competitividad externa de la empresa en la industria.

### **1.4 HIPOTESIS**

La implementación de estaciones de trabajo diseñadas y optimizadas en el túnel de luz Finesse mejorará significativamente las condiciones laborales del proceso de inspección visual de pintura en la empresa CIAUTO

### **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 General**

- Diseñar estaciones de trabajo en el túnel Finesse del área de pintura de CIAUTO, facilitando las labores de inspección y control de calidad de vehículos automotrices; como fase previa a la implementación de las estaciones.

### **1.5.2 Específicos**

- Diseñar las estaciones de trabajo en el nuevo túnel de verificación de pintura, definiendo su distribución física y dimensiones para facilitar las labores de inspección y control de calidad.
- Determinar el montaje de iluminación adecuado en el nuevo túnel para una inspección precisa y detallada
- Implementar estaciones de trabajo para facilitar las labores de inspección y control de calidad de los operarios en el túnel Finesse.

## **1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACION DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

Siguiendo la estructura de metas definidas previamente, se ha desarrollado con meticulosidad la Tabla 1.2. Este documento es esencial, ya que presenta de manera organizada el conjunto de tareas específicas destinadas a facilitar el logro efectivo de cada uno de los objetivos planteados. Este sistema de tareas es fundamental para orientar el proceso hacia resultados exitosos, asegurando así una metodología clara y eficiente en la consecución de los fines establecidos

Tabla 1.2. Sistema de tareas

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	INSTRUMENTO
<p><b>OBJETIVO 1:</b> • Diseñar las estaciones de trabajo en el nuevo túnel de verificación de pintura, definiendo su distribución física y dimensiones para facilitar las labores de inspección y control de calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evaluación lumínica del área actual</li> <li>- Identificación de requisitos y restricciones de diseño</li> <li>- Elaboración planos técnicos y esquemáticos</li> <li>-Simulación en software de 5 propuestas de luminarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Informe isolux</li> <li>- Listado de requerimientos</li> <li>- Planos de detalle de estaciones</li> <li>- Tabla comparativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-luxómetro</li> <li>- Normativa legal: Decreto ejecutivo 2393</li> <li>- Software AutoCAD, Inventor</li> <li>- Software Dialux</li> </ul>
<p><b>OBJETIVO 2:</b> Determinar el montaje de iluminación y suministro de aire neumático adecuado en el nuevo túnel para una inspección precisa y detallada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo de requisitos lumínicos</li> <li>-Determinación del caudal y presión del sistema neumático</li> <li>-Adquisición de mobiliario y equipos</li> <li>-Determinación de costos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Numero de luminarias requeridas</li> <li>-Caudal y presión necesarios</li> <li>-Propuestas de componentes de estaciones</li> <li>-Presupuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luminancia con luxómetro</li> <li>- Proforma</li> </ul>

<p>OBJETIVO 3: Implementar estaciones de trabajo para facilitar las labores de inspección y control de calidad de los operarios en el túnel Finesse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Montaje de sistema de aire</li> <li>- Acondicionamiento eléctrico del área</li> <li>- Instalación y pruebas de luminarias</li> <li>-Pruebas de funcionamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuentes de aire neumático lubricado y no lubricado</li> <li>- Canalizaciones y tomacorrientes necesarios</li> <li>- Sistema de iluminación operativo</li> <li>- Puestos operativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tuberías y accesorios de PVC, válvulas neumáticas,</li> <li>-Multímetro, pinza amperimétrica</li> <li>-Luxómetro, escalera, brocas, tacos, tornillos, luces LED,</li> <li>-Fotografías y encuestas de satisfacción</li> </ul>
--	--	--	---

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 ANTECEDENTES

Un primer trabajo relevante corresponde al realizado por Arteaga Soto María Belén y Nenger Arboleda Andrés Javier en 2019. Estos investigadores desarrollaron el diseño e implementación de estaciones de trabajo en una banda transportadora para aplicaciones en el ámbito de la automatización industrial. El objetivo principal de su estudio fue el diseño y la implementación de estaciones de trabajo para una banda transportadora bidireccional, con el fin de mejorar la formación académica de los estudiantes, permitiéndoles acceder a escenarios industriales reales mediante el uso de estas estaciones de trabajo. La investigación abordó un enfoque cuantitativo y técnico, tratando temas como mediciones precisas, modelado 3D, fundamentación teórica en principios físicos, matemáticos y de diseño mecánico. [1]

Los resultados obtenidos en este estudio fueron el diseño e implementación de cinco estaciones de trabajo, las cuales emulaban el proceso industrial de envasado de líquidos. Además, se determinaron los coeficientes de seguridad correspondientes. La investigación se enfocó en el diseño y la disposición óptima de las estaciones, así como en la integración de sistemas de control y automatización que permitieran el funcionamiento coordinado de cada estación con la banda transportadora. Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser aplicados y adaptados al contexto específico del diseño e implementación de estaciones de trabajo en el

túnel de luz del área de pintura en la empresa CIAUTO, con el fin de mejorar la calidad del proceso de pintura a través de la implementación de estaciones de trabajo .

Un segundo trabajo relevante fue realizado por Rojas Pérez Arely Anabel en 2016, titulado "Evaluación, mejora y diseño de una estación de trabajo en una industria maquiladora del clúster automotriz". El objetivo principal de este estudio fue aprovechar de manera óptima los medios existentes en la estación de revisión de cortinas del modelo FORD C520 EJM IC, así como el diseño de la misma, con el fin de cumplir con la demanda diaria y poder incrementar el volumen de producción inspeccionado. Esto con la finalidad de reducir los gastos por mano de obra redundante, acortar el tiempo estándar requerido y optimizar las condiciones de esta área operativa estratégica. [2]

Este proceso permitió detectar ámbitos de optimización, tanto en el proceso interno analizado como en el conjunto de operaciones de la compañía. En síntesis, el enfoque se centró en impulsar al máximo la productividad de los activos de la estación, lo que se tradujo en beneficios económicos y en eficiencia localizada con impacto en toda la organización.

En resumen, la autora llegó a los resultados de que, a través de la optimización del tiempo y un análisis del puesto de trabajo, surgió la necesidad de nuevos diagramas, los cuales fueron elaborados, y una normalización de los tiempos. Asimismo, se realizó un examen de las herramientas del puesto.

Un tercer trabajo relevante fue elaborado por García Hernández José Luis en 2018, titulado "Diseño e implementación de una estación de trabajo para el proceso de inyección de plástico de una máquina Engel dúo 600". Este estudio fue desarrollado en la empresa KH México S. de R.L. de C.V., y el autor planteó como objetivo principal el diseño y la implementación de un sistema de estación de trabajo para un proceso eficiente de inyección de plástico. Con este objetivo, se logró mejorar la eficiencia y productividad al optimizar la distribución, espacios, conexiones e integración de equipos en la estación, lo que permitió alcanzar un flujo de trabajo más ágil y tiempos de ciclo más rápidos. [3]

Además, el trabajo de García Hernández menciona la reducción de defectos como un resultado de una estación mejor organizada, con una buena interacción sistema-máquina, lo que facilitaría que el operador realice bien sus tareas de inspección y reduciría errores.

En conclusión, el autor llegó a los resultados de que, tras los avances en el proceso de inyección de la máquina Engel, se logró estabilizar los tiempos de ciclo al evolucionar de un sistema semiautomatizado, donde el trabajador recolectaba cada pieza, a un procedimiento robotizado que traslada el plástico inyectado a un área segura para su posterior manipulación. Esto optimizó la producción, minimizó la falla humana y protegió al personal. Respecto a la estación, hubo un progreso destacable, ya que al principio no existían las condiciones de seguridad ni los implementos necesarios para la automatización. Aunque el objetivo total está en desarrollo, el acondicionamiento actual representa un avance frente al escenario inicial. Se planea seguir agregando componentes para completar el propósito original.

Esta tesis de García Hernández José Luis (2018) se vincula con el diseño e implementación de estaciones de trabajo en el túnel de luz Finesse del área de pintura de la empresa CIAUTO a través del enfoque en el diseño y mejora de las estaciones de trabajo para optimizar los procesos productivos. Ambos estudios buscan optimizar la distribución y organización de las estaciones de trabajo para mejorar la reducir errores en sus respectivos procesos industriales.

Un cuarto trabajo relevante fue desarrollado por Alejandro Daniel Murga González, Vladimir Becerril Mendoza y Virginia Karina Rosas Burgos en 2019, titulado "Diagnóstico ergonómico para estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México". El objetivo principal de este proyecto fue mejorar la seguridad laboral, el bienestar del trabajador y aumentar la eficiencia en la industria, específicamente en el sector metal-mecánico. Su propósito era ayudar a evaluar y mejorar las estaciones de trabajo industriales desde el punto de vista del diseño. [4]

El proyecto surgió de un programa de formación para estudiantes sobre facilidad de uso en los talleres de metalurgia de la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y la Tecnología (ECITEC) de la UABC, basado en conceptos teóricos de Comodidad y Facilidad de uso. Se establecieron procedimientos de evaluación para simular el trabajo en fábricas, que incluyeron entrevistas con operarios, selección de participantes, protocolos de pensamiento en voz alta, cuestionarios, etc.

Los resultados principales incluyeron el desarrollo de un método para evaluar estaciones de trabajo, una propuesta de asistencia mecánica para el esmeril de banco y recomendaciones para

los usuarios. Estos fueron presentados a una empresa en Tijuana, Baja California.

La conclusión a la que llegaron los autores del proyecto de investigación fue que se sugiere usar los formatos generados para analizar otras estaciones de trabajo en la industria, lo que sería valioso para crear normas y estándares. También se sugiere investigar otros tipos de estaciones de trabajo en la industria metalmecánica y su implementación en un entorno industrial real. Además, se recomienda diseñar siempre una ayuda visual para el trabajo de piezas en la industria maquiladora. Se concluyó que es necesario diseñar una ayuda mecánica para la sujeción de piezas y actualmente se está desarrollando en los talleres de ECITEC, con el objetivo de concluir y probar en el futuro.

Este trabajo se vincula al diseño e implementación de estaciones de trabajo en el túnel de luz Finesse del área de pintura de la empresa CIAUTO a través de la aplicación de estándares, normas y recomendaciones en las estaciones de trabajo. El enfoque de evaluar y mejorar las estaciones desde la perspectiva del diseño es relevante para ambos estudios, los cuales buscan optimizar las estaciones para mejorar el bienestar de los trabajadores.

Un quinto trabajo relevante fue realizado por Juan Francisco Enríquez Vásquez en 2013, titulado "Diseño de una estación de trabajo para un laboratorio de robótica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato". El principal objetivo de este proyecto fue proporcionar asistencia al personal humano mediante el diseño, reduciendo esfuerzos excesivos e innecesarios y mitigando la fatiga, lo que optimizaría su tiempo de trabajo. Por otro lado, buscaba beneficiar a los laboratorios al contar con un elemento que facilitara la organización del entorno laboral, resultando en una mejora de los proyectos, ya que los estudiantes contarían con un ambiente ordenado para realizar sus prácticas. [5]

La premisa del proyecto se centró en tomar decisiones para el diseño de la estación de trabajo utilizada por los estudiantes en el laboratorio de robótica de la universidad, basándose en los datos recopilados.

La investigación tuvo efectos positivos en varios ámbitos. En primer lugar, la propuesta de rediseño de la estación de trabajo mejoró notablemente las condiciones ergonómicas de los estudiantes en el taller de robótica, incrementando así su confort y productividad en las prácticas, tal como ellos mismos confirmaron a través de la encuesta.

Asimismo, hubo un impacto relevante en la optimización del espacio y el aprovechamiento de los recursos del taller. El nuevo diseño, al considerar integralmente la mesa, silla, soportes y ubicación de elementos, potenció la funcionalidad del lugar y permitió un mayor provecho del mismo por parte del alumnado.

Entre los principales resultados alcanzados se encuentra, en primer término, el diagnóstico preciso de las problemáticas existentes en cuanto a la comodidad del taller, gracias a la consulta directa con los estudiantes que utilizan el espacio. Esto permitió luego la propuesta resolutive de una estación de trabajo ergonómica y eficiente. Finalmente, se llegó al desarrollo de una solución viable, construida sobre la base de materiales económicos, procesos de fabricación sencillos y costos accesibles, facilitando así su aplicación real por parte de la institución educativa.

Este trabajo se vincula con el diseño e implementación de estaciones de trabajo en el túnel de luz Finesse del área de pintura de la empresa CIAUTO a través del enfoque en el diseño y optimización de las estaciones de trabajo. En ambos proyectos, el objetivo final es desarrollar soluciones viables, utilizando materiales económicos, procesos de fabricación sencillos y costos accesibles, para facilitar la implementación real de las estaciones de trabajo optimizadas.

En el contexto de la producción automotriz, la verificación y corrección de fallas en la pintura constituyen aspectos cruciales para garantizar la calidad del producto final. Los túneles de luz FINESSE han sido diseñados específicamente para facilitar la identificación de defectos en la pintura de vehículos, proporcionando condiciones de iluminación óptimas que permiten a los inspectores detectar imperfecciones que de otra manera pasarían desapercibidas.

La implementación de estaciones de trabajo adecuadamente diseñadas en un túnel de luz es un factor determinante para la eficiencia y la comodidad del proceso de inspección. La fatiga visual y la distracción del operador son problemas comunes asociados con la inspección visual, que pueden resultar en una verificación inadecuada de las características del producto [6]. Por tanto, el diseño de la estación de trabajo debe tener en cuenta tanto la disposición física como la interacción del operador con las herramientas y sistemas de inspección.

La investigación llevada a cabo en la planta de motores eléctricos de Robert Bosch en Toluca, México, ilustra la necesidad de optimizar las estaciones de trabajo para la inspección de etique

tas individuales en motores levanta cristales [7]. Aunque en este caso se aborda una inspección de componentes y no de pintura, las lecciones aprendidas son aplicables a una amplia variedad de contextos de inspección en la industria automotriz.

Además, la aplicación de normas de calidad como ISO 9000 y IATF 16949 es fundamental para garantizar la efectividad de los procesos de control de calidad [8][9]. La implementación de un sistema de visión como se describe en la literatura permite reducir significativamente el número de fallas de calidad al proporcionar una inspección más precisa y consistente que la inspección visual humana [8].

El aporte de la metodología de trabajo por proyectos, como se evidencia en el programa de ingeniería mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, subraya la importancia de las pruebas y la evaluación de prototipos para la mejora continua de los procesos y sistemas [10][11].

### **3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 METODOLOGÍA**

##### **3.1.1 Enfoque de investigación**

###### **3.1.1.1 Enfoque mixto**

El enfoque mixto para el diseño e implementación de estaciones de trabajo en el túnel Finesse se enfocará en la recopilación y análisis de datos cuantitativos para medir y mejorar la productividad, comodidad y condiciones de iluminación. Esto proporcionará una base objetiva para identificar oportunidades de optimización.

Asimismo, se llevarán a cabo entrevistas abiertas con los operadores que utilizan las estaciones de trabajo actuales, para obtener sus perspectivas e ideas de mejora de manera directa. Esto aportará una visión contextualizada de los problemas y necesidades desde el

punto de vista de los trabajadores.

La integración del análisis cuantitativo de métricas con la retroalimentación cualitativa de los operarios, permitirá tener una comprensión completa para fundamentar el diseño e implementación de las estaciones de trabajo mejoradas.

### **3.1.2 Nivel de investigación**

#### **3.1.2.1 Investigación descriptiva**

La presente investigación utiliza un enfoque descriptivo para documentar y analizar detalladamente la situación actual de las estaciones de trabajo en el túnel Finesse. Mediante la recolección de información relevante se busca identificar las principales deficiencias en cuanto a iluminación y requerimientos técnicos. Este diagnóstico preciso permitirá detectar oportunidades de mejora en el diseño e implementación.

#### **3.1.2.2 Investigación aplicada**

La investigación tiene un alto componente aplicado, ya que los conocimientos técnicos existentes se emplearán para dar solución práctica a las necesidades detectadas. A partir de la problemática concreta relacionada con la inexistencia de las estaciones de trabajo, se plantearán e implementarán enfocándose en optimizar los procesos de inspección y control de calidad vehicular. De esta forma, se aplicará el conocimiento disponible para transformar positivamente la realidad en beneficio de la empresa.

### **3.1.3 Métodos teóricos a emplear**

#### **3.1.3.1 Revisión bibliográfica**

Se analizarán fuentes secundarias como artículos científicos, tesis doctorales y publicaciones especializadas, para determinar el estado del arte de soluciones tecnológicas aplicables al contexto (iluminación, comodidad, métodos de inspección, etc.)

### **3.1.3.2 Análisis documental**

Se revisarán documentos relacionados al caso como manuales, registros históricos, fichas técnicas y bases de datos, que permitan un diagnóstico informado de las capacidades actuales y determinar requerimientos.

### **3.1.3.3 Síntesis**

La información analizada desde la literatura existente y el contexto específico de estudio será integrada mediante comparación, abstracción y contextualización para generar soluciones optimizadas sustentadas en la evidencia.

### **3.1.3.4 Modelado y Simulación**

Plataformas informáticas como AutoCAD y Dialux se emplearán para recrear digitalmente escenarios mejorados de distribución, condiciones lumínicas e interacción humana con los puestos de trabajo.

## **3.1.4 Técnicas e instrumentos de investigación**

En fin, del desarrollo de la presente investigación, se emplearon varios materiales y herramientas para el levantamiento de información y análisis de las estaciones de trabajo actuales en el túnel de verificación de pintura, los cuales se detallan en este apartado.

### **3.1.4.1 Luxometría**

Mediante un luxómetro profesional marca HIOKI se tomaron mediciones precisas de los niveles de iluminación en todo el túnel de verificación. Los resultados permitieron mapear la distribución de luz actual, comparándola luego con estándares técnicos según las actividades realizadas para determinar mejoras requeridas.

### **3.1.4.2 Entrevistas**

Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado dirigido al personal operativo, indagando su percepción respecto a dificultades visuales y ambientales en sus estaciones de trabajo. El

instrumento, validado por expertos, aportó insumos cualitativos relevantes.

### 3.1.4.3 Software

Tabla 3.3. Softwares utilizados

Ítem	Descripción	Imagen
AutoCAD	Se utilizaron para modelar en 3D una redistribución optimizada de los puestos de trabajo.	
Dialux	Software empleado para un diseño técnico preciso del sistema de iluminación acorde a las necesidades del área.	
Inventor profesional	Software empleado en el diseño del sistema de aire neumático	

## 3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 3.2.1 Análisis y discusión del primero objetivo

Diseñar las estaciones de trabajo en el nuevo túnel de verificación de pintura, definiendo su distribución física y dimensiones para facilitar las labores de inspección y control de calidad.

#### 3.2.1.1 Primera actividad del primer objetivo – Evaluación lumínica del área actual

Con el objetivo de definir las dimensiones adecuadas para el túnel de luz Finesse donde se ubicarán las estaciones de trabajo, se realizó una evaluación preliminar del área mediante una simulación con el software Dialux.

A través de los motores de cálculo del programa, se obtuvo el trazado de curvas isolux correspondientes al espacio en estudio. Las curvas isolux son representaciones gráficas que muestran puntos con igual nivel de iluminancia dentro de un área determinada.

El análisis de la distribución de curvas isolux resultante de la simulación constituye una referencia empírica inicial sobre los niveles de iluminación (lúmenes) existentes en diversos puntos del área, facilitando así una proyección más certera de las dimensiones necesarias para el túnel.



Figura 3.2.1 Tunel de luz

Los resultados servirán de base para un posterior cálculo lumínico definitivo, garantizando únicamente aquellos niveles que permitan una detección óptima de fallas menores en procesos de pintura bajo la rigurosa luz led especificada.

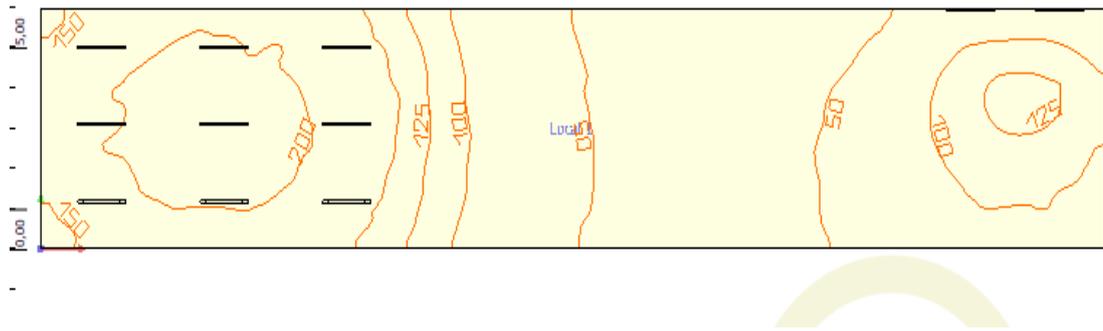


Figura 3.2.2 Curvas isolux

Como se aprecia en la figura 3.2.2, la distribución de iluminación en el área del túnel de luz Finesse presenta deficiencias como falta de acondicionamiento eléctrico y falta de iluminación que deben ser abordadas. Se observan dos zonas principales con propagación luminosa, pero ninguna de ellas ofrece una iluminación adecuada para los requerimientos de una inspección visual minuciosa.

En el lado izquierdo, conectado directamente al horno de pintura de la planta, se tiene iluminación artificial que se dispersa en un rango de 50 a 200 luxes. Si bien esta fuente de luz permite cierta visibilidad general, los niveles no son uniformes ni alcanzan los estándares recomendados de al menos 1000 luxes para una exhaustiva inspección de defectos superficiales. Esto dificulta la detección temprana de imperfecciones.

Por otra parte, en el extremo derecho del túnel, donde se ubica la puerta de ingreso de las unidades vehiculares, se proyecta luz natural con una dispersión entre 50 y 125 luxes. Esta iluminación natural es altamente variable e inestable, dependiente de las condiciones ambientales externas. Además, tampoco cumple los requerimientos mínimos de iluminación homogénea para desempeñar una inspección visual confiable y sistemática.

La falta de una solución de iluminación integral y especializada para este tipo de proceso es evidente. El punto central del área de inspección carece por completo de iluminación enfocada en la parte superior de los vehículos, zona crítica para el control de calidad de la pintura.

En resumen, el análisis destaca la necesidad apremiante de diseñar e implementar un sistema de iluminación avanzado a lo largo de todo el túnel, que provea luz uniforme y de intensidad suficiente para facilitar significativamente las labores de inspección visual de los operarios. De

lo contrario la confiabilidad del proceso de control de calidad se verá continuamente comprometida.

### **3.2.1.2 Segunda actividad del primer objetivo - Identificación de requisitos y restricciones de diseño**

- *Iluminación*

Como primer aspecto mediante el Decreto Ejecutivo 2393 Art.56 Numeral 1 en el cual indica los niveles de iluminación mínimos para el tipo de trabajo que se desempeña.

Debido a que la actividad desempeñada en el túnel de luz exige una distinción extremadamente fina para la inspección delicada se obtiene un requerimiento de 1000 luxes

- *Sistema de aire*

Aire lubricado

Se requiere para el accionamiento de herramientas neumáticas de pulido y lijado. La lubricación permite lubricar los mecanismos internos evitando su desgaste prematuro.

Aire sin lubricar:

Un elemento crucial para el correcto funcionamiento de los equipos de extracción forzada en las cabinas de aplicación de pintura. Este aire comprimido, libre de contaminantes aceitosos, evita la saturación de los filtros y mantiene el proceso limpio y eficiente. Además, su utilización en la limpieza de componentes y superficies mediante el uso de aire comprimido (air duster) es fundamental, ya que elimina impurezas de manera efectiva, siempre y cuando el chorro de aire se encuentre completamente seco..

- *Mantenimiento*

Para garantizar un suministro óptimo de aire, libre de impurezas y perfectamente regulado, es imprescindible contar con una o más unidades de mantenimiento FRL (filtro, regulador y lubricador). Estas unidades alimentan a todas las estaciones de trabajo, optimizando el rendimiento y la confiabilidad del sistema. Asimismo, una FRL contribuye a prevenir el desgaste prematuro de los equipos y, en consecuencia, reduce los costos totales de propiedad a largo plazo.

- *Requisitos de superficie y volumen en estaciones de trabajo*

Según el Art. 22 del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores

-Las estaciones de trabajo implementadas dentro del túnel de luz Finesse tendrán una altura mínima de 3 metros desde el nivel del piso hasta el techo, cumpliendo con lo estipulado en el Art. 22, numeral 1, literal a

-Cada estación de trabajo o puesto operativo dispondrá de una superficie no inferior a los 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador al mismo tiempo, acorde al Art. 22, numeral 2, literal a)

-Asimismo, el volumen destinado por cada puesto de trabajo será mayor o igual a 6 m<sup>3</sup>, considerando una dotación no simultánea de personal y las tareas específicas a ejecutar, según lo prescribe el Art. 22, numeral 2, literal b)

### **3.2.1.3 Tercera actividad del primer objetivo - Elaboración planos técnicos y esquemáticos**

La figura 3.2.3 presenta el diagrama unifilar del circuito de fuerza de la instalación eléctrica del túnel de luz. Se distingue el breaker principal que alimenta toda la acometida y del cual se derivan tres breakers secundarios para diferentes tramos exclusivos del túnel.

Esta sectorización permite controlar y proteger de mejor manera los circuitos derivados ante cualquier contingencia, así como facilitar el mantenimiento o las ampliaciones, pudiendo intervenir un tramo manteniendo los otros dos energizados para no interrumpir la operatividad

total de la infraestructura de iluminación del túnel.

Además de estos breakers también se cuenta con

- Breaker para tomacorrientes de 110v
- Breaker(50A) para tomacorrientes de 220v
- Breaker (90A) para tomacorrientes 220v trifásico

Con estos tres breakers secundarios exclusivos para el túnel de luz y sus diferentes zonas se evidencia un diseño eléctrico eficiente y seguro.

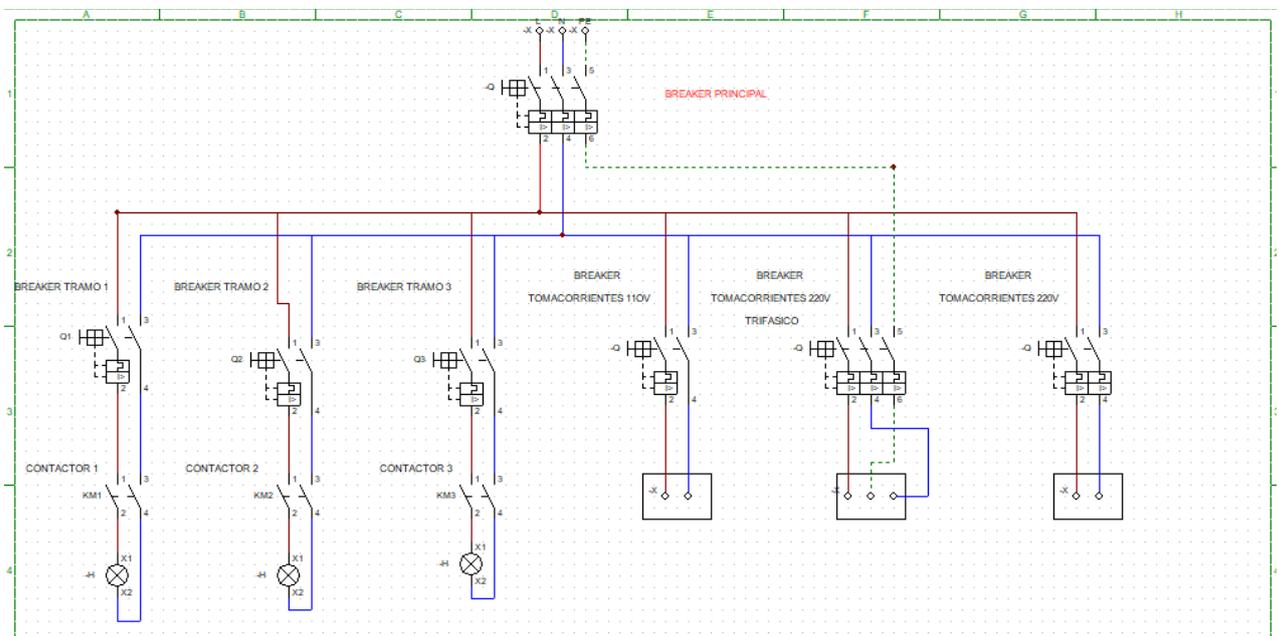


Figura 3.2.3 Circuito de fuerza

En la figura 3.2.4 se presenta el diagrama unifilar del circuito de control de iluminación de una configuración sencilla pero efectiva para el encendido y apagado de diferentes tramos luminosos.

Los pulsadores verdes y rojos representan el tablero de control, permitiendo al usuario activar o desactivar cada sector de forma independiente. Al presionar un pulsador verde (normalmente abierto) como P11, se cierra el circuito energizando el contactor KM1 correspondiente. Esto acciona la bobina que controla el encendido de las luminarias de ese tramo específico.

Simultáneamente, se energiza la lámpara piloto H1 asociada, brindando una indicación visual sobre el estado de esa sección. De esta manera, con un solo pulsador se logra el encendido del tramo luminoso y la retroalimentación para el operador. El proceso es idéntico para los demás sectores de iluminación, utilizando contactores y lámparas piloto independientes para cada uno.

La simplicidad y flexibilidad de este esquema permite gestionar múltiples zonas de iluminación de forma sencilla y eficiente, optimizando los recursos necesarios. La disposición unifilar facilita la comprensión del sistema y su posterior ampliación o modificación.

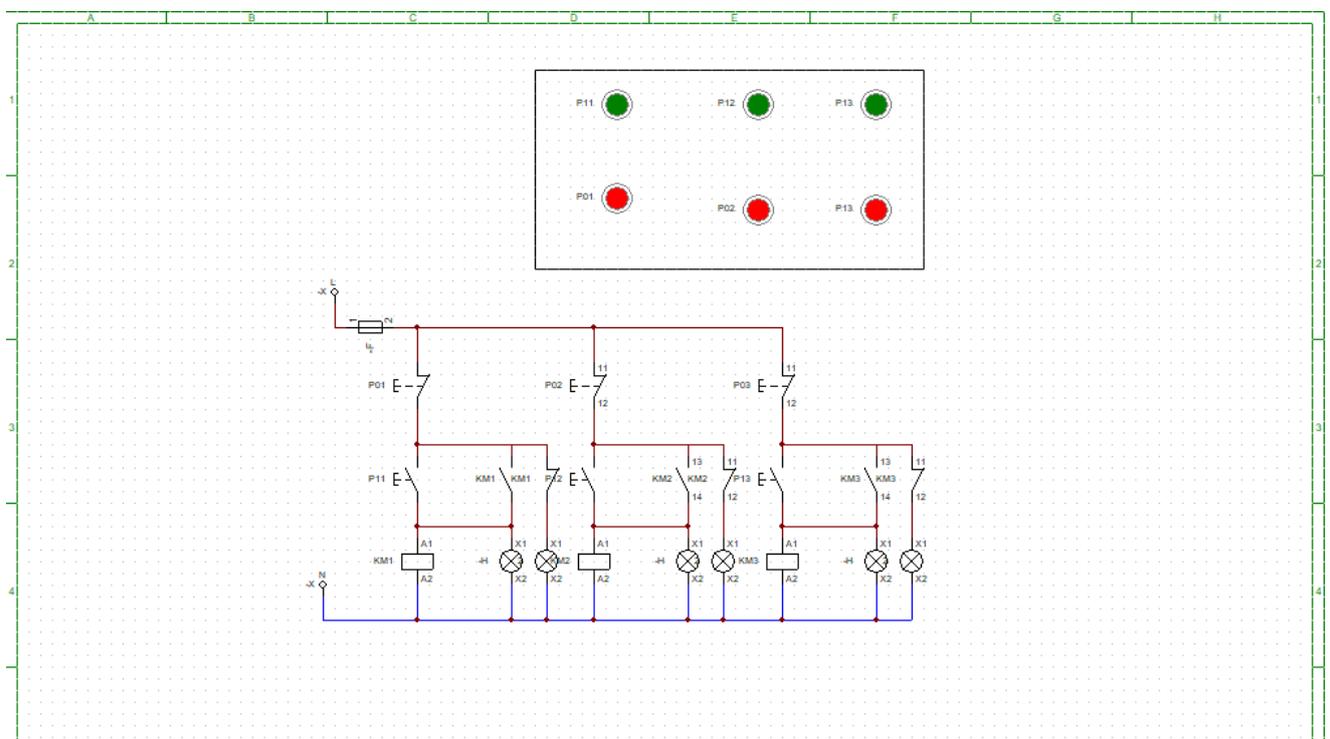


Figura 3.2.4 Circuito de control

La Figura 3.2.5 muestra una visualización en 3D del túnel Finesse, permitiendo apreciar en detalle la estructura.

Se trata de un pasillo de considerable longitud con una sección transversal pentagonal, una forma poco usual que le otorga un aspecto futurista. Su diseño se basa en una estructura modular compuesta por 9 anillos sucesivos. Cada anillo consta de piezas angulares ensambladas entre sí que, al repetirse, conforman la forma pentagonal característica.

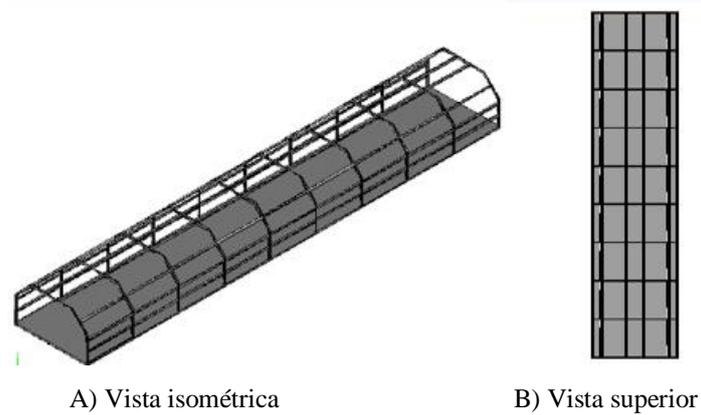


Figura 3.2.5 Visualización en 3D túnel de luz finesse

La Figura 3.2.6 muestra el plano CAD del túnel Finesse, brindando una valiosa información técnica de este innovador diseño.

Se trata de un archivo CAD en 2D con distintas vistas y detalles constructivos donde se muestra la vista superior y frontal.

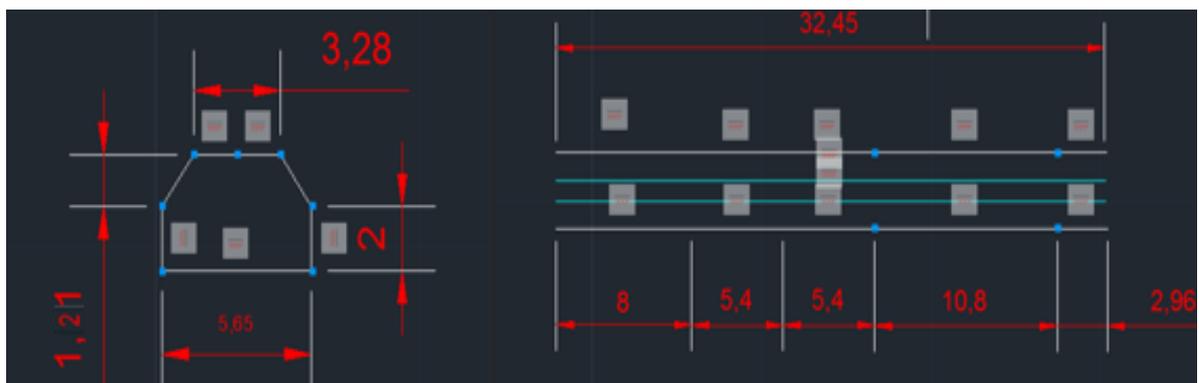


Figura 3.2.6 Plano CAD túnel finesse

La figura 3.2.7 muestra en detalle el sistema neumático del túnel Finesse, evidenciando la eficiente distribución de los dos tipos de aire utilizados: lubricado y seco.

Se distingue claramente el punto de toma de aire inicial, que alimenta la tubería principal de suministro ubicada en la parte superior. A partir de ahí, mediante una red de distribución en

anillos, se derivan dos circuitos independientes.

El anillo interior corresponde al aire lubricado, esencial para la operación de los equipos. El anillo exterior está dedicado al aire seco utilizado en procesos de limpieza. Esta configuración en doble anillo optimiza los recorridos de tuberías.

Separar físicamente ambos sistemas evita cualquier contaminación del aire lubricado con humedad, impurezas o residuos del aire seco. Así se garantiza la máxima calidad y confiabilidad en el suministro neumático. La distribución inteligente y el trazado eficiente patentados en este plano son la clave del éxito en la operación neumática del túnel.



Figura 3.2.7 Plano 3D sistema neumático

#### **3.2.1.4 Cuarta actividad primer objetivo - Simulación en software de 5 propuestas**

En base a las simulaciones realizadas en el software Dialux, se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla comparativa elaborada. Posteriormente, conforme a dichos resultados, se llegó a la selección de la lámpara o luminaria más adecuada para el proyecto.

Los criterios principales que se consideraron para esta elección fueron:

- Cumplimiento de los requerimientos técnicos mínimos de 1,000 lux promedio en el plano de trabajo.
- Rangos de iluminancia dentro de niveles tolerables, sin excesos que pudieran provocar deslumbramientos o fatiga visual.
- Disponibilidad del producto escogido en el mercado nacional.
- Buen rendimiento luminoso y alta eficiencia energética.

Con estos aspectos en consideración, y analizando comparativamente las simulaciones, se determinó que las luminarias Molto Luce Valo HV PDI Suspension y ES-System FX35 RR1506 cumplen con los requerimientos técnicos mínimos de 1000 lux promedio. La opción final escogida fue la Sylvania P23531-36 equivalente a la ES-System, por cumplir los parámetros y estar disponible en el mercado nacional.

Tabla 3.4. Tabla comparativa luminarias

Luminaria	Marca	Modelo	Lúmenes	Eficiencia (lm/W)	Iluminancia en plano de trabajo (lux)	Iluminancia en vehículo (lux)	Apto
1	NVC Lighting	NWP498M	14,800	92	449	404	No
2	Pracht	LED	5,300	135.9	1,790	1,794	No (exceso)
3	Molto Luce	Valo HV PDI Suspension	3,001	90	938	883	Sí (cumple mínimo)
4	Sthál	Exlux 6009	4,780	65.5	1,462	1,464	No (exceso)
5	ES-System	FX35 RR1506	3,500	98	1,074	1,152	Sí (ligero exceso)

### 3.2.2 Análisis y discusión del segundo objetivo

Determinar el montaje de iluminación y suministro de aire neumático adecuado en el nuevo túnel para una inspección precisa y detallada.

#### 3.2.2.1 Primera actividad del segundo objetivo - Cálculo de requisitos lumínicos

**Nivel de iluminación de acuerdo al uso:** 1000 luxes.

**Tipo de lámpara:** Lámpara led con una iluminación de 3500 lúmenes por lámpara y 35 flujo luminoso por lámpara.

**Cálculo de índice local:**

$$k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + 0.85) * (a * b)} \quad (3.1)$$

En donde:

a = ancho del túnel

b = largo del túnel

h = altura del túnel

$$k = \frac{3 * 5.65m * 32.45m}{2(3.21m + 0.85m) * (5.65m + 32.45m)}$$
$$k = 1.77 \approx 2$$

Tabla 3.5. Coeficientes de reflexión

Coeficientes de reflexión		
	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

**Coefficiente de utilización:**

A partir de los factores de reflexión y el índice local obtendremos el coeficiente de utilización

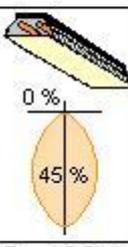
Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )																					
		Factor de reflexión del techo																					
		0.8			0.7			0.5			0.3			0									
		Factor de reflexión de las paredes																					
												0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.24	.21	.19	.24	.21	.19	.23	.21	.19	.20	.19	.18										
	0.8	.29	.26	.24	.29	.26	.24	.28	.26	.24	.26	.24	.23										
	1.0	.32	.29	.27	.32	.29	.27	.32	.29	.27	.29	.27	.26										
	1.25	.36	.32	.31	.35	.32	.31	.34	.32	.30	.32	.30	.29										
	1.5	.38	.35	.33	.38	.35	.33	.37	.34	.32	.34	.32	.32										
	2.0	.41	.38	.37	.40	.38	.36	.39	.38	.36	.37	.36	.35										
	2.5	.43	.40	.38	.42	.40	.38	.41	.39	.38	.39	.38	.37										
	3.0	.44	.42	.40	.43	.42	.40	.42	.41	.39	.40	.39	.38										
	$D_{max} = 0.6 H_m$	4.0	.45	.44	.42	.45	.43	.42	.44	.43	.42	.42	.41	.40									
	$f_m$	.65	.70	.75	5.0	.47	.45	.44	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.42	.41							

Figura 3.2.8. factor de utilización

### Coefficiente de mantenimiento

Tabla 3.6. Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

### Cálculo de luminarias requeridas

Para calcular el número de luminarias requeridas, se utiliza la fórmula:

$$N = \frac{E * S}{f_m * C_u * \Phi l} \tag{3.2}$$

En donde:

E = Iluminación requerida en el local (LUX)

S = Superficie o área del local

Fm = Factor de mantenimiento

Cu = Coeficiente de utilización

$\Phi l$  = Flujo luminoso de luminaria

$$N = \frac{1000 \text{ lux} * 183.342 \text{ m}^2}{39 * 0.8 * 35 \text{ lm}}$$

(3.3)

$$N = 167.89 \approx 168 \text{ Lámparas}$$

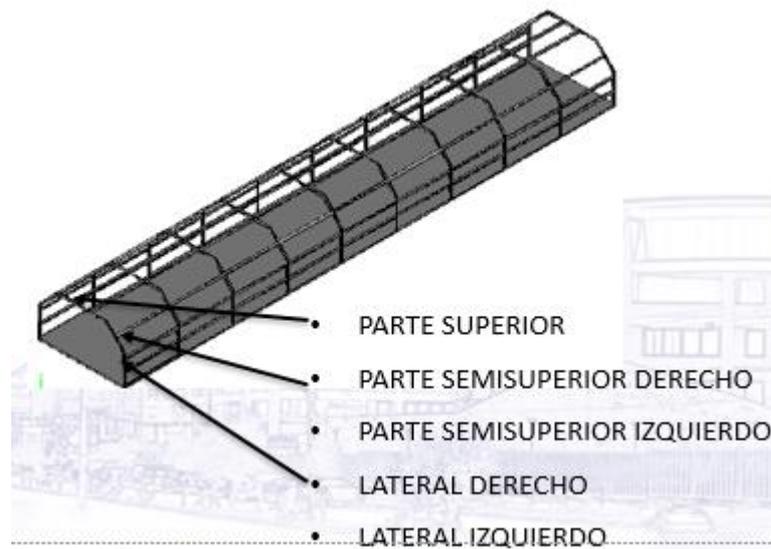


Figura 3.2.9. Distribución de luminarias

### 3.2.2.2 Segunda actividad del segundo objetivo - Determinación del caudal y presión del sistema neumático

Considerando que se instalarán 10 pulidoras neumáticas en el túnel, cada una con un consumo de aire de 11 CFM (pies cúbicos por minuto), se pueden estimar los siguientes requerimientos del sistema neumático:

- Consumo individual por pulidora: 11 CFM
- Cantidad de pulidoras: 10
- Consumo total simultáneo:  $10 \times 11 \text{ CFM} = 110 \text{ CFM}$

Tomando en cuenta un margen adicional del 25% por futuras ampliaciones, se obtiene un requerimiento total de:

$$110CFM * 1.25 = 137.5CFM = 140CFM$$

(3.4)

En cuanto a la presión, considerando que este tipo de pulidoras trabajan con presiones entre 6-8 bar (87-116 psi), se puede seleccionar una presión de trabajo de 100 psi o 7 bar, nuevamente con un margen adicional del 10%.

Por lo tanto, el sistema neumático debería ser capaz de entregar:

- Caudal: 140 CFM
- Presión: 7 bar (100 psi)

Con estos datos de consumo y presión se puede comenzar a dimensionar adecuadamente los componentes como compresores, tuberías, accesorios, entre otros.

### 3.2.2.3 Tercera actividad del segundo objetivo - Adquisición de mobiliario y equipos

Tabla 3.7. Propuesta #1 sistema neumático

Propuesta #1 Unidad centralizada		
Descripción	Cantidad	Precio En dólares
TEE"2 HG	1	7.72
BUSHING"2 A 1 1/4 HG	1	5.8
NEPLO CON CINTURA 1 1/4 HG	2	8.06
VALVULA DE MEDIA VUELTA 1 1/4 HG	1	18.19
UNIVERSAL CON SELLO DE BRONCE 1 1/4 HG	2	26.2
CODO DE 90 1 1/4 HG	1	2.95
BUSHING 1 1/4 HG	1	2.31
TEE"1 HG	7	18.41

NEPLO CON CINTURA 1 HG	10	15.9
VALVULA DE MEDIA VUELTA 1	3	61.44
UNIVERSAL CON SELLO DE BRONCE 1	7	59.57
CODO DE 90 1 HG	6	11.28
TAPON MACHO 1" HG	2	3.58
BUSHING 1" A 3/4 HG	4	14.48
NEPLO CON CINTURA 3/4 HG	28	26.6
VALVULA DE MEDIA VUELTA 3/4 HG	28	257.32
TEE DE 3/4 HG	36	51.84
UNIVERSAL SELLO DE BRONCE 3/4	34	126.14
UNIONES 3/4 HG	12	24.48
TUBO GALVANIZADO 1 1/4 HG	2	93.9
TUBO GALVANIZADO 1 HG	3	115.2
TUBO GALVANIZADO 3/4 HG	24	681.12
CUELLOS DE GANZO 3/4 HG	5	76.35
TAPON MACHO 3/4 HG	12	9.6
BUSHING 3/4 A 1/2	20	13.4
TEFLON	40	33.6
PERMATEX 3OZ	20	73.6
TOTAL		1839.04

Este presupuesto detallado corresponde a una propuesta de unidad centralizada para el sistema neumático del túnel Finesse.

Analizando los elementos, se aprecia que está dimensionado en base a tuberías de diferentes diámetros (1 1/4", 1" y 3/4") que corresponden a distintas secciones o etapas del sistema.

Destaca la cantidad de accesorios y piezas necesarias para realizar todas las derivaciones, cambios de dirección y conexiones, incluyendo neplos, tees, codos, válvulas, entre otros.

Asimismo, se consideran partidas importantes de tubería galvanizada, siendo la de 3/4" la de mayor metraje. Los cuellos de ganso, tapones y búshines complementan los materiales requeridos.

Se incluyen también insumos como teflón y permatex para una correcta instalación y sellado. La gran variedad de piezas y el uso de diferentes diámetros da cuenta de un diseño centralizado bien planificado para satisfacer los requerimientos neumáticos del proyecto.

Tabla 3.8. Propuesta #2 sistema neumático

<b>PROPUESTA #2 SIN UNIDAD CENTRALIZADA</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO EN DOLARES</b>
TEE"2 HG	1	7,72
BUSHING"2 A 1 1/4 HG	1	5,8
NEPLO CON CINTURA 1 1/4 HG	6	24,18
VALVULA DE MEDIA VUELTA 1 1/4 HG	5	90,95
UNIVERSAL CON SELLO DE BRONCE 1 1/4 HG	9	117,9
CODO DE 90 1 1/4 HG	3	8,85
TEE 1 1/4 HG	4	12
TAPON MACHO 1 1/4 HG	1	3,7
UNION 1 1/4 HG	6	21,9
TEE MECANICA 1 1/4 A 3/4	10	28,2
NEPLO CON CINTURA 3/4 HG	10	9,5
UNIVERSAL CON SELLO DE BRONCE 3/4 HG	10	37,1
VALVULA DE MEDIA VUELTA 3/4 HG	10	91,9
BUSHING 3/4 A 1/2 HG	10	6,8
NEPLO CON CINTURA 1/2 HG	10	16,5
TEE 1/2 HG	10	21,3
UNIDAD DE MANTENIMIENTO (FRL) 1/2	10	1713
PERMATEX 5 OZ	20	76
TEFLON	40	33,6
TUBO GALVANIZADO 1 1/4 HG	15	352,125
	<b>TOTAL</b>	<b>2679,025</b>

Al analizar la Propuesta #2 para el sistema neumático del túnel Finesse, que plantea un diseño descentralizado, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Al eliminar la unidad central, se simplifica la distribución, pero se reduce la capacidad de control y monitoreo global del sistema.
- El uso de menos diámetros de tubería (1 1/4", 3/4", 1/2") disminuye costos de material, pero también limita la independencia en las regulaciones de cada tramo.
- La menor cantidad de derivaciones y accesorios facilita el montaje, pero limita la flexibilidad ante modificaciones futuras.
- La inclusión de múltiples unidades FRL descentralizadas permite un adecuado mantenimiento localizado, aunque se pierde la visión integrada.

## SELECCIÓN

La selección de la Propuesta #1 con un sistema neumático centralizado para el túnel Finesse parece la opción más recomendable por las siguientes razones:

- Al concentrar toda la distribución en una unidad central, se facilita el control, regulación y monitoreo de los parámetros críticos como presión y calidad del aire desde un solo punto.
- La red ramificada de tuberías de diferentes diámetros permite transportar los caudales necesarios a cada sección del túnel de manera independiente y óptima.
- La gran cantidad de accesorios y piezas de derivación brindan máxima flexibilidad para realizar modificaciones o ampliaciones futuras.
- El uso de válvulas de regulación para cada ramificación crítica asegura estabilidad en el suministro ante fluctuaciones de la demanda.
- El metraje adicional de tuberías, comparado con un sistema descentralizado, se justifica por la capacidad de control que brinda la unidad centralizada.
- Aunque el costo inicial es levemente menor, se generan ahorros al simplificar el mantenimiento y operación a largo plazo.

Dadas las complejidades y requerimientos de un proyecto singular como este túnel, los beneficios de un esquema centralizado superan con creces la inversión, asegurando la máxima confiabilidad y flexibilidad en el sistema neumático.

Tabla 3.9. Propuesta #1 sistema eléctrico

<b>PROPUESTA #1 SISTEMA ELECTRICO</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO EN DOLARES</b>
BREAKER 2P 16A	3	41,85
BREAKER 3P 50A	1	31,49
BREAKER 2P 40A	2	10,51
BREAKER 1P 32A	2	34,54
CONTACTOR SIEMENS 16A/220V	3	131,7
BLOQUE FRONTAL 2NA+2NC	3	35,45
PULSADOR ILUMINADO ROJO	3	64,3
PULSADOR ILUMINADO ROJO	3	64,3
BASE FUSIBLE 10X38	2	3,18
CAJA PLASTICA 100X100X55 mm	20	57,8
CAJETIN TIPO FS	20	53,9
TOMACORRIENTE 50A/250V	2	7,36
PLACA METALICA 50A	2	1,36
TOMACORRIENTE DOBLE POLAR 120V	15	10,5
PLACA DOBLE INTERPERIE	15	42
TOMACORRIENTE 20A/250V	6	18,72
PLACA INTERPERIE SIMPLE	6	15,93
CABLE CONCENTRICO 2X14	220m	171,6
CABLE CONCENTRICO 3X10	100m	250
CABLE FLEXIBLE N°10 AWG (ROJO)	100m	54
TAIPE NEGRO	15	14,7
TUBERIA SELLADA 1/2	70m	117,25
CONECTOR SELLADO RECTO 1/2	150	92,7
TERMINAL EN U	2	17,44
BROCA CONICA	2	141,32
CANALETA RANURADA 1 1/4	2	16,36
TUBERIA SELLADA 1 1/4	20	78,6
CONECTOR RECTO 1 1/4	2	3,8

LAMPARA LED SYLVANYA	165	1951,95
	<b>TOTAL</b>	3534,61
	<b>IVA</b>	424,15
	<b>TOTAL</b>	3958,76

Este presupuesto corresponde a la propuesta del sistema eléctrico para el túnel Finesse. Analizando los componentes se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Se incluyen breakers de diferentes amperajes para proteger los distintos circuitos, así como contactores para el control de potencia.
- Hay pulsadores e indicadores luminosos para el accionamiento y señalización del sistema de iluminación.
- Se consideran tomacorrientes y placas para salidas de uso general y equipos.
- Se especifican distintos tipos de cableado para circuitos de control, fuerza y luminarias.
- Se detallan tuberías y canalizaciones para el tendido eléctrico.
- La partida más representativa en cuanto a costo son las 165 luminarias LED, fundamentales para el diseño lumínico del túnel.

El presupuesto incluye materiales variados para una instalación eléctrica completa y de calidad. En conclusión, el análisis revela una propuesta sólida, con todos los elementos necesarios dimensionados en cantidades adecuadas para satisfacer la demanda eléctrica de este proyecto, cumpliendo con los estándares técnicos y de seguridad.

#### **3.2.2.4 Cuarta actividad del segundo objetivo - Determinación de costos**

Realizando un análisis del presupuesto detallado por categorías para el proyecto, se pueden destacar los siguientes puntos:

- La categoría de materiales representa el 58% del costo total, siendo los dos componentes principales la unidad centralizada neumática y el sistema eléctrico.

- La mano de obra de instalación y configuración también tiene un peso importante con un 23% del presupuesto total.
- El alquiler de montacargas se considera dentro de equipamiento y constituye un 6%.
- Los servicios, que incluyen estimado de energía eléctrica, corresponden al 1%.
- Finalmente, los gastos adicionales como transporte, alimentación y seguros implican un 3% del total.
- El sistema neumático centralizado tiene un costo menor que el sistema eléctrico.
- No se han considerado imprevistos, los cuales deberían representar al menos un 5-10% del total.

Tabla 3.10. Costos totales

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Materiales</b>		
<b>Sistema neumático</b>	Varios (detallado anteriormente)	1,839.04
<b>Sistema Eléctrico</b>	Varios (detallado anteriormente)	3,958.76
<b>Mano de Obra</b>	Instalación y configuración	2,000.00
<b>Equipamiento</b>		
<b>Montacargas</b>	Alquiler por 5 días	500.00
<b>Servicios</b>		
<b>Energía Eléctrica</b>	Estimado durante el proyecto	60.00
<b>Gastos Adicionales</b>		
<b>Transporte</b>	Materiales y equipo	150.00
<b>Alimentación</b>	Para el equipo de trabajo	100.00
<b>Seguros</b>	Cobertura de riesgos	50.00
<b>Total</b>		<b>8,657.80</b>

### 3.2.3 Análisis y discusión del tercer objetivo

Implementar estaciones de trabajo para facilitar las labores de inspección y control de calidad de los operarios en el túnel Finesse.

#### 3.2.3.1 Primera actividad Tercer objetivo - Montaje del sistema de aire



A) Conexión cuellos de ganso

B) montaje anillos sistema neumático

Figura 3.2.10. Montaje sistema de aire

El montaje del sistema neumático se llevó a cabo de manera ordenada y metódica para garantizar un funcionamiento óptimo:

1. En primer lugar, se realizó el trazado de las tuberías primarias y secundarias partiendo de la unidad central hasta las 5 estaciones de trabajo, según el diseño previo. Esto definió la ruta de los anillos de distribución.
2. Se instalaron los soportes y fijaciones para sostener las tuberías en todo su recorrido, asegurando una construcción sólida y ordenada.
3. Se ensamblaron y conectaron los tramos de tubería mediante accesorios como codos, té y uniones para completar los anillos de suministro de aire seco y lubricado.
4. En cada estación se colocó un cuello de ganso con su correspondiente válvula de corte para permitir la derivación y control local.

5. Se agregaron purgadores y drenajes para eliminar acumulación de condensado en puntos bajos de la red.

6. Las mangueras flexibles se instalaron posteriormente para conectar a los puntos móviles de consumo.

7. Finalmente se montaron las válvulas de aislamiento alrededor de la unidad central para facilitar su mantenimiento.

De esta manera, gracias a la ejecución ordenada y el cuidado en cada paso, fue posible completar satisfactoriamente el montaje del sistema, cumpliendo con las especificaciones y requerimientos operacionales.

### **3.2.3.2 Segunda actividad Tercer objetivo - Acondicionamiento eléctrico del área**

#### **DETALLE**

La acometida consistirá en lo siguiente:

- Una línea de 220V para los 6 tomacorrientes ubicados en el túnel.
- Otra línea para la conexión de dos tomacorrientes de 220V trifásicos.
- Una línea separada para los tomacorrientes de 110 voltios.
- Sublíneas para cada tramo de iluminación en el túnel, incluyendo un total de 168 lámparas, cada una consumiendo 9mA.



A) Ruteo del cableado

B) Conexión de tomacorrientes

Figura 3.2.11. Acondicionamiento eléctrico

### 3.2.3.3 Tercera actividad tercer objetivo - Instalación y pruebas de luminarias

Como parte de las validaciones en terreno de la instalación eléctrica y de iluminación del túnel, se efectuaron mediciones de los niveles de iluminancia con un luxómetro profesional en el primer sector energizado. Este comprende la zona de acceso e ingreso al túnel, donde se encuentran ubicadas las luminarias modelo LED P23531-36 de Sylvania según la solución adoptada.

Al realizar las mediciones sobre el plano de trabajo donde circulan los peatones y vehículos, se registró una iluminancia promedio de 1200 lux aproximadamente. Esta cifra excede en 200 lux el valor obtenido en las simulaciones por ordenador, que fue de 1000 lux según los requerimientos técnicos estipulados.

Esta diferencia se explica debido a que, al momento de efectuar las pruebas con luxómetro, la puerta exterior de salida de unidades hacia el patio de maniobras se encontraba abierta. Esto provocó un aporte adicional de luz natural que se sumó a la artificial de las luminarias LED,

incrementando así los niveles registrados por el instrumento de medición sobre el plano útil de trabajo.

Por consiguiente, quedó demostrado que la solución de iluminación adoptada para el tramo de acceso cumple satisfactoriamente con los parámetros de diseño establecidos. Incluso considerando el extra de iluminación por la puerta exterior, se cumple con las recomendaciones para evitar deslumbramientos molestos y asegurar una visibilidad adecuada para las tareas a efectuar.



A) Instalacion luminarias tramo 1



B) Medicion con luxometro

Figura 3.2.12. Pruebas luminarias

#### **3.2.3.4 Cuarta actividad del tercer objetivo - Pruebas de funcionamiento**

Tras concluir la instalación eléctrica e iluminación del nuevo túnel de luz, se realizaron pruebas integrales para validar el desempeño global, incluyendo los sistemas de ventilación y suministro de aire.

Los resultados confirmaron el cumplimiento de los requisitos fotométricos y mejoras en la

uniformidad de la iluminación artificial. El personal manifestó también mayor confort visual durante las tareas gracias a las luminarias LED especificadas.

Durante la puesta en marcha del sistema neumático del túnel Finesse, se comprobó en cada estación de trabajo el correcto funcionamiento de los puntos de suministro de aire lubricado y no lubricado, indispensables para las tareas de mantenimiento vehicular.

Los niveles de presión y caudal verificados en los puntos de consumo corresponden a los valores de diseño estipulados según los requerimientos de las herramientas neumáticas a utilizar en el túnel. Específicamente, se midieron 100 psi de presión y 140 CFM de caudal, los cuales fueron calculados considerando un total de 10 pulidoras.

VALIDACION:



Figura 3.2.13. Presión y caudal



Figura 3.2.14. Medicion de luxometro antes del proyecto

De esta manera, con las pruebas integrales realizadas, se validó la adecuada implementación de los diferentes sistemas: iluminación LED, y provisión doble de aire lubricado y no lubricado en todas las estaciones distribuidas a lo largo del presente túnel de trabajo intermitente.

Dichas pruebas permiten garantizar las condiciones óptimas de operación del túnel, cumpliendo las normas técnicas correspondientes tanto en términos fotométricos y de confort visual, como de ventilación mecánica y suministro de aire para las tareas de mantenimiento vehicular específicas.



Figura 3.2.15. Pruebas de funcionamiento estaciones

### **3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA**

#### **3.3.1 Evaluación técnica**

- Descripción de las alternativas técnicas consideradas para el diseño del túnel de luz en cuanto a tipo de luminarias LED, distribución de las mismas, sistemas de control, entre otros aspectos relevantes.
- Análisis comparativo de las opciones en base a parámetros como: niveles de iluminación alcanzados, uniformidad, deslumbramiento, eficiencia energética, costos,

complejidad de instalación y mantenimiento, etc.

- Justificación técnica de la alternativa seleccionada para el diseño final del túnel de luz, resaltando las mejoras en cuanto a prestaciones lumínicas, confort visual y productividad de las tareas respecto a la situación inicial sin proyecto

### **3.3.2 Evaluación social**

- Beneficios del proyecto en cuanto a mejoras en las condiciones laborales de los trabajadores que realizan mantenimiento vehicular en el túnel de forma intermitente.
- Reducción de fatiga visual y mayor confort lumínico durante la jornada de trabajo gracias al diseño de iluminación interior seleccionado.
- Incremento de la seguridad para los trabajadores al contar con niveles óptimos de visibilidad para las tareas a efectuar.

### **3.3.3 Evaluación ambiental**

- Utilización de luminarias LED de alto rendimiento lumínico y alta eficiencia energética para reducir el consumo total del sistema de iluminación del túnel de luz.
- Medición y comparación del consumo eléctrico de la solución de iluminación diseñada Vs la situación inicial sin proyecto.
- Análisis del ciclo de vida de las luminarias seleccionadas considerando que no contienen materiales nocivos como mercurio, plomo u otros, mitigando así el impacto ambiental posterior a su disposición final.

## **4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- El diseño de estaciones de trabajo en el túnel Finesse permitió optimizar los procesos de inspección y control de calidad de vehículos automotrices producidos por CIAUTO. Esto mejoró la eficiencia y precisión en la detección de fallas y defectos.
- La definición detallada de la distribución física, dimensiones y herramientas de las estaciones facilitó las tareas del personal, reduciendo los tiempos de inspección y disminuyendo errores.
- La determinación del montaje de iluminación adecuado en el túnel fue indispensable para realizar una inspección visual precisa, identificando imperfecciones mínimas en la pintura de los vehículos.
- La implementación de las estaciones de trabajo, basada en un diseño que consideró las necesidades operativas y de iluminación, permitió que los inspectores realizaran su labor de manera más efectiva.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar mantenimientos preventivos cada 6 meses a las estaciones de trabajo, lubricando componentes y verificando la sujeción de piezas móviles sujetas a desgaste para conservar las cualidades ergonómicas de los puestos de inspección.
- Efectuar mediciones anuales de los niveles de iluminación con luxómetro y comparar contra especificaciones técnicas para garantizar la eficiencia visual del sistema LED de iluminación interna del túnel.

#### **5 BIBLIOGRAFÍA**

- [1] A. J. Nenger Arboleda y M. B. Arteaga Soto, «Diseño e implementación de estaciones de trabajo en una banda transportadora para aplicaciones de automatización industrial,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Mecatrónica., Quito, 2019.
- [2] . A. A. Rojas Pérez , «Evaluación, mejora y diseño de una estación de trabajo en una industria maquiladora del clúster automotriz,» Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, 2016.
- [3] J. L. García Hernández , «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE UNA MAQUINA ENGEL DÚO 600,» TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO, QUERÉTARO, 2018.
- [4] A. D. Murga González y V. Becerril Mendoza, «Diagnóstico ergonómico para de estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México,» h+d hábitat mas diseño, San Luis Potosí, 2019.
- [5] J. F. E. Vásquez, «Diseño de una estación de trabajo para un laboratorio de robótica de la pontificia universidad católica del ecuador sede ambato,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2013.
- [6] Hernández-Laguna et al., Sistema de visión para detección de fallas de calidad en la identificación de etiquetas en una línea de producción del giro automotriz, p. 2, (2023)
- [Online] Available:  
<https://www.semanticscholar.org/paper/d79d1aa5a1e5ab2c9d3742893ce71266e10ea168>  
[Accessed: 15/12/2023]
- [7] Hernández-Laguna et al., Sistema de visión para detección de fallas de calidad en la identificación de etiquetas en una línea de producción del giro automotriz, p. 1, (2023)
- [Online] Available:  
<https://www.semanticscholar.org/paper/d79d1aa5a1e5ab2c9d3742893ce71266e10ea168>  
[Accessed: 15/12/2023]

[8] Hernández-Laguna et al., Sistema de visión para detección de fallas de calidad en la identificación de etiquetas en una línea de producción del giro automotriz, p. 1, (2023)

[Online]

Available:

<https://www.semanticscholar.org/paper/d79d1aa5a1e5ab2c9d3742893ce71266e10ea168>

[Accessed: 15/12/2023]

[9] Baltazar et al., Manual para la aplicación de la norma IATF 16949-2016 en departamentos de producción y mantenimiento, p. 5, (2021)

[Online]

Available:

<https://www.semanticscholar.org/paper/587c8ca2a75d01a7256ce05e2fb875306e515a16>

[Accessed: 16/12/2023]

[10] Israel, A.M., Aporte de la metodología de trabajo por proyectos para el logro de los resultados de aprendizaje en el programa de ingeniería mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, p. 4, (2023)

[Online]

Available:

<https://www.semanticscholar.org/paper/807866221154f0070a7404cc2ec9f5fee13e7c77>

[Accessed: 17/12/2023]

[11] Israel, A.M., Aporte de la metodología de trabajo por proyectos para el logro de los resultados de aprendizaje en el programa de ingeniería mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, p. 6, (2023)