



**Automatización de perfilado de orejas para pocillos en vajillas corona**

Sebastian Castro Bolaños

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesores

Carlos Alberto Mejía Blandón, Magister (MSc) en ingeniería  
Wilfer Andrés Nieto Davila, Magister (MSc) en automatización

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecánica  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

<b>Cita</b>	(Castro Bolaños, 2024)
<b>Referencia</b>	Castro Bolaños, S (2024). <i>Automatización de perfilado de orejas para pocillos en vajillas corona</i> , [Trabajo de grado profesional].
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina

**Jefe departamento:** Pedro león Simanca

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

A mi familia, que sin su cariño, su apoyo, su guía, hubiese tenido la oportunidad de formarme como ingeniero, de conocer otra ciudad, otra cultura, una universidad maravillosa de la cual me llevo personas y momentos muy preciados.

### **Agradecimientos**

A mis compañeros de trabajo, por hacerme sentir como en casa con su calidez humana, a mi jefe Wilfer Nieto, por su apoyo incondicional y su valiosa guía y aportes a lo largo de la práctica, finalmente al ingeniero Carlos Mejía, que me brindo de su guía y apoyo en este proyecto.

## Tabla de contenido

1 Resumen .....	11
2 Abstract .....	12
3 Introducción .....	13
4 Planteamiento del problema .....	13
4.1 Antecedentes .....	14
5 Justificación.....	15
6 Objetivos .....	17
6.1 Objetivo general .....	17
6.2 Objetivos específicos.....	17
7 Marco teórico .....	17
8 Metodología .....	19
9 Cronograma.....	21
10 Identificación de procesos potenciales a automatizar .....	22
11 Identificación de funciones principales de la máquina .....	28
12 Estado del arte .....	31
13 Diseño conceptual .....	32
13.1 Alternativas de diseño .....	33
13.2 Criterios de selección de alternativas .....	35
14 Diseño preliminar .....	41
15 Calculo y selección de componentes.....	45
15.1 Sistema de pisado y corte vertical .....	45
15.2 Sistema de apertura de orejas .....	48

15.2.1	Diseño de ejes sistema apertura de orejas .....	53
15.3	Sistema pisador corte radial .....	61
15.4	Sistema corte radial .....	63
15.5	Diseño de estructura .....	66
15.5.1	Análisis estructural .....	67
16	Diseño final .....	69
16	Cálculos de producción .....	72
16.1	Proceso con un operario (Opción #1).....	73
16.2	Proceso con dos operarios (Opción #2).....	75
16.3	Proceso con tres operarios (Opción #3) .....	76
16.4	Proceso con tres operarios y un reemplazo (Opción #4).....	77
16.5	Análisis de producción .....	78
17	Presupuesto.....	80
17.1	Análisis retorno inversión .....	81
18	Conclusiones .....	82
18	Referencias bibliográficas .....	83
19	Anexos.....	83

## Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades. ....	21
Tabla 2. Evaluación de procesos a automatizar. ....	23
Tabla 3. Derechos en porcentaje por perdidas de miembros superiores. ....	24
Tabla 4. Indemnización por accidente laboral SURA. ....	25
Tabla 5. Tiempo en segundos que tarda cada proceso para producir una pieza. ....	26
Tabla 6. Producción total calculada en celdas pocillos. ....	26
Tabla 7. Producción de pocillos diaria promedio día año 2023. ....	26
Tabla 8. Producción automática de pocillos diaria promedio día año 2022. ....	27
Tabla 9. Demanda mensual y diaria requerida por la empresa. ....	27
Tabla 10. Capacidad máxima automáticas. ....	27
Tabla 11. Capacidad máxima celdas. ....	28
Tabla 12. Sistemas maquina perfiladora de orejas. ....	32
Tabla 13. Alternativas de diseño de sistema corte vertical. ....	33
Tabla 14. Alternativa de diseño sistema apertura moldes. ....	33
Tabla 15. Alternativa de diseño sistema corte radial. ....	34
Tabla 16. Alternativas sistema de protección contra accidentes. ....	34
Tabla 17. Alternativa selección de estructura. ....	35
Tabla 18. Criterios de evaluación sistema corte vertical. ....	36
Tabla 19. Criterios de evaluación sistema apertura orejas. ....	36
Tabla 20. Criterios de evaluación sistema perfilado orejas. ....	36
Tabla 21. Criterios de evaluación sistema de protección contra accidentes. ....	37
Tabla 22. Criterios de evaluación selección de estructura. ....	37
Tabla 23. Importancia criterios de evaluación. ....	38

Tabla 24. Evaluación criterios de selección sistema corte vertical. ....	38
Tabla 25. Evaluación criterios de selección sistema apertura moldes. ....	39
Tabla 26. Evaluación criterios de selección sistema perfilado de orejas. ....	39
Tabla 27. Evaluación criterios de selección sistema de protección contra accidentes. ....	40
Tabla 28. Evaluación criterios de selección de estructura. ....	40
Tabla 29. Selección de componentes. ....	41
Tabla 30. Masa necesaria para el análisis estructural. ....	67
Tabla 31. Tiempos no aprovechados. ....	72
Tabla 32. Producción opción #1. ....	74
Tabla 33. Producción opción #3. ....	76
Tabla 34. Producción opción #3. ....	77
Tabla 35. Producción opción #4. ....	78
Tabla 36. Producción total vs demanda máxima. ....	79
Tabla 37. Producción total vs capacidad máxima. ....	79
Tabla 38. Cotización presentada por Incymec. ....	80
Tabla 39. Retorno inversión. ....	81
Tabla 40. Retorno inversión 12 meses. ....	82

## Lista de figuras

Figura 1. Matriz de riesgo proceso preparación pega de orejas. ....	23
Figura 2. Tipos de falanges. ....	24
Figura 3. Pulidora de espigas. ....	29
Figura 4. Corte con bisturí.....	30
Figura 5. Perfilado de orejas cortadora manual.....	31
Figura 6. Moldes para ubicar espiga previamente pulida.....	42
Figura 7. Sistema corte vertical con compensadores. ....	42
Figura 8. Posición 2 sistema tornillo de bolas recirculantes. ....	43
Figura 9. Sistema pisado perfilado de oreja. ....	44
Figura 10. Cuchillas perfiladora de orejas. ....	44
Figura 11. Dimensiones espiga 5060. ....	45
Figura 12. Sistema corte vertical.....	48
Figura 13. Características cilindro DSBC-40-300 seleccionado.....	48
Figura 14. Ingreso de datos al programa. ....	49
Figura 15. Cálculo de momento de inercia. ....	50
Figura 16. Relación de transmisión elegida. ....	50
Figura 17. Grafica aceleración, velocidad y posición en el tiempo. ....	51
Figura 18. Servomotores recomendados por Maximizer. ....	51
Figura 19. Características servomotor HG-SN seleccionado.....	52
Figura 20. Sistema servomotor-tornillo de bolas recirculantes.....	52
Figura 21. Características acople tipo araña GE-28-PLUS.....	53
Figura 22. Cálculo de rodamientos sistema apertura de orejas. ....	55
Figura 23. Dimensiones rodamiento seleccionado.....	55



Figura 24. Eje 1 sistema apertura orejas. ....	56
Figura 25. Eje 2 sistema apertura orejas. ....	56
Figura 26. Vista en sección de componentes eje 1.....	57
Figura 27. Vista en sección de componentes eje 2.....	58
Figura 28. Selección de anillo de retención para eje de 25 mm.....	59
Figura 29. Selección anillo de retención para rodamiento seleccionado. ....	60
Figura 30. Sistema pisado corte radial. ....	62
Figura 31. Características cilindro DSBC 32-200.....	63
Figura 32. Cuchilla perfiladora actual. ....	63
Figura 33. Disposición cuchillas. ....	64
Figura 34. Características actuador giratorio DSR-25-180.....	65
Figura 35. Acople rígido MCLC-12-12-F seleccionado. ....	66
Figura 36. Análisis de tensión de Von Mises.....	67
Figura 37. Desplazamiento en mm.....	68
Figura 38. Coeficiente de seguridad.....	69
Figura 39. Vista isométrica máquina perfiladora de orejas.....	70
Figura 40. Vista isométrica trasera máquina perfiladora de orejas. ....	71
Figura 41. Vista superior máquina perfiladora de orejas. ....	71
Figura 42. Vista frontal máquina perfiladora de orejas.....	72
Figura 43. Opción #1.....	73
Figura 44. Ruta crítica opción #1.....	74
Figura 45. Opción #2.....	75
Figura 46. Ruta crítica opción #2.....	75
Figura 47. Opción #3.....	76
Figura 48. Ruta crítica opción #3.....	77

Figura 49. Opción #4.....78

Figura 50. Nomina operadores área de celdas y automática de pocillos.....81

## 1 Resumen

La automatización industrial permite realizar tareas de manera más eficiente y precisa que los métodos manuales, lo que conlleva a una mayor productividad en la producción de bienes y servicios. En este proyecto, se busca automatizar el proceso de perfilado de orejas de pocillos, para posteriormente ser pegado a su base. El propósito de este proyecto es diseñar una máquina segura para el operador, reducir el tiempo de producción de piezas, mejorar la calidad del producto final y optimizar el uso de materiales y consumo energético. Este trabajo abarcará consideraciones de diseño, fabricación y montaje, con el objetivo de implementar el diseño más viable, aplicando conceptos neumáticos, mecánicos y eléctricos de automatización.

Esta máquina será capaz de cortar y perfilar orejas, proporcionando seguridad al operador, un aumento en la producción actual del proceso, mejorando considerablemente la calidad del producto final y reduciendo en un 10% las pérdidas por errores humanos.

*Palabras clave:* Automatización, análisis, riesgos, diseño, perfilada de orejas, proceso manual.

## 2 Abstract

Industrial automation allows tasks to be carried out more efficiently and accurately than manual methods, which leads to greater productivity in the production of goods and services. In this project, we seek to automate the process of profiling the mug ears, to later be glued to their base. The purpose of this project is to design a safe machine for the operator, reduce part production time, improve the quality of the final product and optimize the use of materials and energy consumption. This work will cover design, manufacturing and assembly considerations, with the objective of implementing the most viable design, applying pneumatic, mechanical and electrical automation concepts.

This machine will be capable of cutting and profiling ears, providing safety to the operator, an increase in the current production of the process, considerably improving the quality of the final product and reducing losses due to human errors by 10%.

*Keywords:* Automation, analysis, risks, design, ear profiling, manual process.

### 3 Introducción

En la organización Corona, específicamente en Locería Colombiana S.A.S, se ha identificado la necesidad de mejorar el proceso denominado "Preparación pega de orejas". Este proceso implica el desprendimiento del vástago de las orejas mediante dos cortes: uno lineal (vertical) y otro radial.

El objetivo principal de esta mejora es incrementar la seguridad de los operadores y aumentar la productividad del proceso. Actualmente, el proceso implica el pulido del borde exterior del conjunto (orejas y vástago) utilizando una máquina. Posteriormente, se realiza un corte con un bisturí para separar las orejas del vástago. Finalmente, se ejecuta un corte radial mediante un mecanismo mecánico activado por un pedal, el cual proporciona el perfil necesario en el borde de la oreja para su posterior adhesión al pocillo. El desafío al diseñar la máquina para este proceso radica en la precisión requerida en los cortes, la gran cantidad de referencias, la producción en masa y garantizar la seguridad del operador. Como parte de este proyecto, se recopilará una base de datos del proceso a automatizar para su clasificación según el grado de dificultad de automatización.

Posteriormente, se determinará el diseño de la máquina para así poder realizar un presupuesto para la implementación del proyecto productivo. Se espera que esta mejora contribuya significativamente a optimizar el proceso y aumentar la eficiencia operativa en Locería Colombiana S.A.S.

### 4 Planteamiento del problema

Diseñar y presupuestar una máquina funcional para el área de preparación pega de orejas que cumpla con los siguientes estándares:

**Seguridad:** Una de las falencias del área son los accidentes ocurridos, y los peligros existentes que aún existen, los cuales fueron una de las causas del proyecto.

**Precisión:** Un aspecto clave del diseño de la máquina es la precisión, debido a que los cortes deben ser muy precisos, de no ser así, se puede dañar la oreja, o que las cuchillas impacten con la base dañando así las cuchillas y la base.

**Calidad:** Al tener un proceso manual, la calidad final de las orejas perfiladas se ven afectadas por el error humano, esto debido a que los operarios deben pulir la espiga, luego separar las orejas del vástago por medio de un bisturí, para finalmente ser perfilada por medio de una cortadora manual. Son tres colaboradores los que están en contacto con las orejas y es allí donde la calidad se ve afectada; con el nuevo proceso los operarios que estarán en contacto solo las deben pulir, poner en base, y luego sacarlas de la base y almacenar, lo que reducirá los defectos de calidad por error humano.

**Mantenibilidad:** Buscando la facilidad de implementación del proyecto, debido a la necesidad urgente del área y presupuesto limitado, se trabajó el diseño utilizando elementos registrados en la empresa.

#### **4.1 Antecedentes**

##### **Implementación de máquina pulidora de espigas**

El área de preparación pega de orejas se caracteriza por tener procesos manuales, los cuales son peligrosos, al utilizar cuchillas y poca protección debido al cuidado que se debe tener para no deformar las orejas, generando así pérdidas de producción. A raíz de esto, hace 15 años se implementó la máquina pulidora de espigas, la cual elimino el proceso donde se retiraba la rebaba del vástago usando una espuma, reduciendo el tiempo de este proceso, que es la máquina que se utiliza actualmente, conocida como *pulidora*.

##### **Implementación de máquina Service**

Pensando en reducir la mano de obra en el proceso de perfilado de orejas, hace 12 años se implementó una máquina automática (Service), la cual pulía, cortaba y perfilaba orejas; el problema radicó en que se redujo considerablemente la producción, pues esta máquina permitía trabajar nada mas de a una oreja, además, tuvo problemas en cuanto al ajuste, pues después de pocas horas de operación había que hacer cambio de cuchillas para no dañar las orejas reduciendo aún más el tiempo de operación y la producción.

### **Oreja prensada**

En Alemania el proceso de formación de orejas es distinta, pues ellos utilizan una prensa hidráulica que prepara orejas con su respectivo perfil para ser pegadas a la base una vez desmoldadas. El problema radica en el tipo de producción que se maneja en este país, pues la producción de pocillos es realmente baja comparada a la que se tiene en corona, pues corona produce en masa, debido a que los pocillos que vende son económicos.

### **Guarda de protección**

En el desarrollo del proyecto se buscó una solución a corto plazo la cual consiste en una guarda frontal que protege las falanges de los dedos de las manos del operario de la zona de perfilado, sin embargo, se dejó de utilizar después de un par de semanas, pues no se adapta a todas las referencias e incómoda al ingresar la oreja a la base; debido a esto, el proyecto de automatización ha sido visto como fundamental en el desarrollo del área de pocillos.

## **5 Justificación**

La automatización del proceso de perfilado de orejas para pocillos en Vajillas Corona es importante para la empresa por varios factores. En primer lugar, la necesidad de mejorar la seguridad laboral, ya que los accidentes que resultan en amputaciones de falanges de los dedos de las manos son inaceptables y deben ser prevenidos. Además, el proceso manual actual es ineficiente y propenso a errores, lo que resulta en un alto número de piezas defectuosas y costos adicionales. Comprender y abordar estos problemas permitirá no solo mejorar la calidad del producto, sino también optimizar los procesos de fabricación, reduciendo los desperdicios y mejorando la productividad. Este conocimiento es esencial para mantener la competitividad de la empresa en el mercado y garantizar la sostenibilidad de sus operaciones, más en el proceso de formación de pocillos, un área crítica, donde las ganancias son significativamente bajas.

El proyecto de automatización del proceso de perfilado de orejas se seleccionó debido a su relevancia y urgencia en la planta. La alta incidencia de accidentes laborales en el área de perfilado de orejas y los problemas de eficiencia del proceso manual actual plantean desafíos significativos que necesitan ser resueltos. Seleccionar este tema permite abordar un problema real, proporcionando una solución que puede tener un impacto inmediato y positivo en la operación del área. Además, la implementación de una solución automatizada es una tendencia creciente en la industria manufacturera, lo que hace que este proyecto sea contemporáneo y alineado con las mejores prácticas industriales.

El proyecto de automatización del perfilado de orejas tendrá varios aportes significativos a la ingeniería:

**1. Innovación en Procesos de Manufactura:** Desarrollar una máquina automatizada para este propósito representa un avance en la innovación tecnológica dentro de la industria de la cerámica y la manufactura en general.

**2. Seguridad Laboral:** Contribuirá al desarrollo de soluciones que mejoren la seguridad en el lugar de trabajo, minimizando los riesgos de accidentes laborales.

**3. Optimización y Eficiencia:** La automatización del proceso reducirá la cantidad de piezas defectuosas y optimizará el uso de recursos, lo que es un aporte significativo en términos de eficiencia operativa. Esto se traduce en menores costos de producción y un uso más sostenible de materiales.

**4. Desarrollo de Competencias Técnicas:** El proyecto permitirá desarrollar y aplicar conocimientos de *Ingeniería Mecánica* en áreas clave como el diseño, automatización, la robótica, y la ingeniería de control.

Este proyecto no solo resolverá problemas específicos de la planta de Vajillas Corona, sino que también contribuirá al cuerpo de conocimiento en ingeniería, demostrando cómo la automatización puede ser aplicada eficazmente para mejorar tanto la seguridad como la eficiencia en procesos industriales.



## **6 Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Diseñar una máquina segura, precisa y eficiente en el corte de orejas para pocillos en la empresa Locería Colombiana S.A.S, contribuyendo así a la innovación y mejora continua de la empresa.

### **6.2 Objetivos específicos**

1. Realizar el análisis y exploración del proceso de corte de orejas para pocillos con el fin de identificar los factores críticos del proceso.
2. Desarrollar un diseño preliminar que permita visualizar las funciones principales de la máquina con sus respectivos componentes neumáticos, eléctricos y mecánicos.
3. Realizar los cálculos de ingeniería, análisis de resistencia, dimensionamiento y selección de componentes neumáticos, eléctricos y mecánicos.
4. Realizar plano de ensamble de la máquina y cotización de implementación.

## **7 Marco teórico**

### **Cerámica y su Aplicación en la Industria de Vajillas**

La cerámica, un arte ancestral que emplea arcilla o barro como material primario, ha sido crucial tanto en el ámbito artístico como en la producción industrial y artesanal. En el contexto de la industria de vajillas, la cerámica ofrece una amplia variedad de formas, colores y texturas, permitiendo la fabricación de productos tanto estéticamente atractivos como funcionalmente duraderos [1]. La diversidad de técnicas cerámicas modernas, como el colado en moldes y el torneado, ha facilitado la reproducción precisa y la accesibilidad generalizada de los productos cerámicos en el mercado global [2].

## **Historia y Evolución de la Cerámica en Colombia**

La historia de la cerámica en Colombia se remonta a la producción prehispánica en barro, evidenciando una técnica antigua arraigada en el territorio [3]. Sin embargo, fue a partir de la fundación de la Compañía Cerámica Antioqueña en 1881, en el departamento de Antioquia, que la industria cerámica colombiana comenzó a tomar forma. Inicialmente dedicada a la producción de loza y vidrio, esta compañía enfrentó diversos desafíos en sus primeras décadas, experimentando cambios de propiedad y razón social. Finalmente, en 1948, la empresa se transformó en la Organización Corona, consolidándose como una de las multinacionales más importantes del país con 143 años de trayectoria. Actualmente, la Organización Corona es reconocida por su presencia en Colombia, Estados Unidos, Centroamérica y México, y comprende varias divisiones de negocio, incluida la división de mesa servida.

## **Desafíos Actuales y Necesidad de Innovación en la Industria Cerámica**

A pesar de su larga historia y trayectoria, la industria cerámica enfrenta una serie de desafíos en la actualidad. La competencia global, los cambios en las preferencias del consumidor y los desafíos ambientales y regulatorios son solo algunos de los factores que motivan a las empresas cerámicas a buscar constantemente mejoras en sus procesos de producción. En este contexto, la automatización emerge como una solución prometedora para mejorar la eficiencia, la calidad y la seguridad en la producción de vajillas en cerámica [4].

## **Proceso de Fabricación de Vajillas en Cerámica y sus Consideraciones**

El proceso de fabricación de vajillas en cerámica comprende varias etapas fundamentales. Comienza con la selección de materias primas de calidad, como arcillas y feldespatos, seguido por el formado de las piezas mediante técnicas como el colado en moldes o el torneado. Posteriormente, las piezas se someten a un proceso de secado controlado para eliminar la humedad, seguido por la cocción en hornos industriales a altas temperaturas para la vitrificación del esmalte y la fusión de

los componentes de la arcilla. Finalmente, se realiza una inspección de calidad exhaustiva para asegurar la conformidad con los estándares establecidos antes de la distribución de las vajillas [5].

## **8 Metodología**

Este proyecto se desarrolló mediante el modelo cascada, que es un método de gestión de proyectos en el que el proyecto se divide en distintas fases secuenciales, donde el equipo puede pasar a la siguiente fase sólo cuando se haya completado la anterior. Pues este modelo permite tener una noción más clara de los diferentes retos que se presentan a lo largo del desarrollo del proyecto [6]. Para el desarrollo del proyecto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Identificación de procesos potenciales a automatizar
  - Clasificación de grado de dificultad
  - Selección de proceso a automatizar
  - Análisis de riesgo
- Identificación del problema
  - Estado del arte
  - Mediciones para establecer los requerimientos del diseño
- Identificación de funciones principales de la máquina
  - Búsqueda de principios de solución
  - Elaboración conceptual
- Elaboración de alternativas de diseño
  - Selección de alternativa de diseño
  - Análisis de alternativa de diseño
  - Elaboración de diseño preliminar
- Cálculos de ingeniería
  - Elaboración de componentes de la máquina
  - Ensamble de la máquina (Autodesk Inventor)
  - Plano de ensamble de la máquina (Autodesk Inventor)
- Cálculo de producción
  - Investigación datos de producción actuales (SAP, demanda, capacidad máxima)

- Definición de operación de proceso
- Toma de tiempo de cada una de las acciones
- Elaboración de ruta crítica de proceso
- Elaboración de distintas combinaciones de trabajo
- Cálculo de tiempos perdidos
- Comparación de producción futura vs producción actual
- Calculo retorno de inversión
  - Investigación pago nomina actual
  - Determinar número de trabajadores del proceso actual
  - Determinar número de trabajadores proceso futuro
  - Elaboración de presupuesto
  - Calculo retorno inversión

## 9 Cronograma

Tabla 1. Cronograma de actividades.

ETAPA	ACTIVIDAD	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	Identificación de procesos potenciales a automatizar							
	Clasificación de grado de dificultad							
	Selección de proceso a automatizar							
	Análisis de riesgo							
2	Identificación del problema							
	Estado del arte							
	Mediciones para establecer los requerimientos del diseño							
3	Identificación de funciones principales de la máquina							
	Búsqueda de principios de solución							
	Elaboración conceptual							
4	Elaboración de alternativas de diseño							
	Selección de alternativa de diseño							
	Análisis de alternativa de diseño							
	Elaboración de diseño preliminar							
5	Cálculos de ingeniería							
	Elaboración de componentes de la maquina							
	Ensamble de la maquina (Autodesk Inventor)							
	Plano de ensamble de la maquina (Autodesk Inventor)							
6	Cálculo de producción							
	Investigación datos de producción actuales (SAP, demanda, capacidad máxima)							
	Definición de operación de proceso							
	Toma de tiempo de cada una de las acciones							
	Elaboración de ruta crítica de proceso							
	Elaboración de distintas combinaciones de trabajo							
	Cálculo de tiempos perdidos							
	Comparación de producción futura vs producción actual							
7	Cálculo retorno de inversión							
	Investigación pago nomina actual							
	Determinar numero de trabajadores del proceso actual							
	Determinar numero de trabajadores proceso futuro							
	Elaboración de presupuesto							
	Cálculo retorno inversión							

## 10 Identificación de procesos potenciales a automatizar

Inicialmente se realizó un recorrido general por toda la empresa, buscando aquellos procesos candidatos a automatizar, luego siguiendo la guía PMBOK [7] de gestión de proyectos, se hizo una evaluación de grado de dificultad con los siguientes indicadores: diseño, costo, calidad, recursos, RR. HH, tiempo, alcance, integración, comunicaciones, riesgo.

También se hizo una clasificación en cuanto a la urgencia, haciendo las siguientes preguntas: ¿el proceso actual es peligroso?, ¿el proceso actual es poco productivo?

Y la clasificación por importancia haciendo las siguientes preguntas: ¿El proyecto tiene un impacto directo en la producción, las ventas o la rentabilidad de la empresa?, ¿El proyecto está relacionado con la seguridad o el cumplimiento normativo?, ¿El proyecto es necesario para mantener la competitividad de la empresa?, ¿El proyecto tiene un alto potencial de éxito?

Para la calificación de cada uno de los procesos, se tomó el criterio de cada uno de los implicados y además de esto se le asignó una puntuación a cada ítem, siendo 0 la más baja y 5 la más alta.

**Urgencia:** Se le asigna un valor de 2,5 unidades, pues es el ítem con más peso, ya que acoge una problemática en tiempo real, la cual está generando problemas.

**Importancia:** Tiene un valor de 1,5 unidades, dado que un proyecto puede que no sea muy urgente, pero puede ser muy importante para la innovación de la empresa

**Grado de dificultad:** Tiene valor de 1 unidad debido a que los anteriores ítems prácticamente determinan el proyecto que se debe elegir y este ítem evalúa que tan difícil es implementarlo; sin embargo, a pesar de que el proceso sea difícil de llevar a cabo, si los valores de urgencia e importancia son altos, se debe ejecutar.

A continuación, se presentan los resultados calificados de 0 a 5 en la *tabla 2*:

Tabla 2. Evaluación de procesos a automatizar.

Preparación pega de orejas	Encarramiento de tubos de pasta	Corte de galleta y de tubo de pasta	Desmolde y pulido de platos	Corte de tubos de pasta	Transferidor de platos
4,03	2,63	3,79	2,57	2,98	2,36
Pulido peana y monte de carro	Forjadoras de pocillos	Salida de secadero a esmaltadora	Paso de secadero a zona de pulido	Esmaltado por inmersión	
2,75	2,88	2,83	3,14	3,04	

Analizando los resultados, se obtiene que el proceso de preparación pega de orejas es el que obtuvo la mayor calificación total, siendo este el proceso en el cual se empezaría a trabajar. Seguido de esto, inicialmente se realiza un matriz de riesgo, donde se evalúa cada uno de los posibles accidentes que se pueden presentar en el proceso actual de la siguiente manera:

		MATRIZ DE RIESGO				
		Gravedad →				
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderada	Importante	Catastrófica
↑ Probabilidad	5 Muy probable	5	10	15	20	25
				Dolor muscular		
	4 Probable	4	8	12	16	20
				Corte con el bisturi	Aplastamiento o por impacto en pulidora	Corte con la cortadora donde se da el ángulo a la pieza. Atrapamiento por elementos móviles
	3 Posible	3	6	9	12	15
				Corte en pulidora		
2 No es probable	2	4	6	8	10	
1 Muy improbable	1	2	3	4	5	

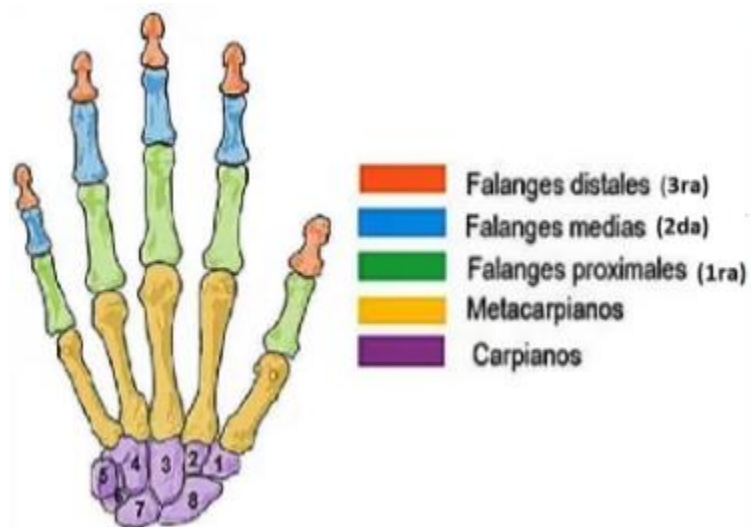
Figura 1. Matriz de riesgo proceso preparación pega de orejas.

Analizando la matriz de riesgo grafica presentada en la Figura 1, se puede evidenciar que los posibles accidentes están ubicados en el cuadrante superior derecho, esto quiere decir que los accidentes probables pueden ser graves, así que este dato confirma la urgencia de este proyecto.

También se analizó el accidente más crítico que puede suceder, el cual es la amputación de falange por corte en la máquina perfiladora de oreja, el cual se presentó hace 20 años aproximadamente, investigando así la indemnización de este accidente, teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida de la capacidad laboral (*Tabla 3 y figura 2*), llegando a los siguientes datos:

*Tabla 3. Derechos en porcentaje por pérdidas de miembros superiores.*

Miembros superiores	Derecho Porcentaje	Izquierdo Porcentaje
Pérdida total del miembro superior derecho o izquierdo	65%	52%
Pérdida total de una mano	60%	48%
Fractura o lesiones múltiples de la mano (rigidez total)	45%	36%
Rigidez del hombro en posición no utilizable	30%	24%
Rigidez del codo en posición no utilizable	25%	20%
Rigidez del codo en posición utilizable	20%	16%
Rigidez de la muñeca en posición no utilizable	20%	16%
Rigidez de la muñeca en posición utilizable	15%	12%
Pérdida total del pulgar	18%	14%
Pérdida total del índice	14%	11%
Perdida total del dedo medio	9%	7%
Perdida total del anular o el meñique	8%	6%



*Figura 2. Tipos de falanges.*



*Tabla 4. Indemnización por accidente laboral SURA.*

<b>Porcentaje (%) de pérdida de capacidad laboral</b>	<b>Monto de la indemnización en meses base de liquidación</b>	<b>Porcentaje (%) de pérdida de capacidad laboral</b>	<b>Monto de la indemnización en meses base de liquidación</b>
49	24	26	12,5
48	23,5	25	12
47	23	24	11,5
46	22,5	23	11
45	22	22	10,5
44	21,5	21	10
43	21	20	9,5
42	20,5	19	9
41	20	18	8,5
40	19,5	17	8
39	19	16	7,5
38	18,5	15	7
37	18	14	6,5
36	17,5	13	6
35	17	12	5,5
34	16,5	11	5
33	16	10	4,5
32	15,5	9	4
31	15	8	3,5
30	14,5	7	3
29	14	6	2,5
28	13,5	5	2
27	13		

Además de las altas indemnizaciones presentadas en la *Tabla 4*, posibles demandas, afectar el buen nombre de la empresa, está presente el temor a realizar esta actividad por el historial de accidentes en este proceso, teniendo que resolver esta situación lo más pronto posible.

En un principio se busca la solución más óptima en cuanto al diseño de la máquina que automatizaría este proceso, y en paralelo, se analiza la producción actual de este proceso para tener una línea base de este dato que es muy importante, pues la máquina debe ser: segura, precisa, versátil y que cumpla con la producción actual del proceso. En un principio se tomaron estos tiempos de producción de forma manual presentados en la *tabla 5*, cronometrando cada actividad realizada por los operarios obteniendo así los siguientes resultados.

*Tabla 5. Tiempo en segundos que tarda cada proceso para producir una pieza.*

Pulidora	Tiempo para producir una pieza (s)	Corte por bisturí	Tiempo para producir una pieza (s)	Perfiladora manual	Tiempo para producir una pieza (s)
	1,73		1,96		1,75

*Tabla 6. Producción total calculada en celdas pocillos.*

PRODUCCIÓN CALCULADA EN CELDAS POCILLOS	
Producción turno 8 horas, 3 puestos de trabajo	Producción total día 3, puestos de trabajo
10319	30956

Obteniendo así **30956** orejas por día en el área de celdas (*tabla 6*) (No se tienen en cuenta los datos de la automática de pocillos debido a que en esa fecha no estaba en funcionamiento), este dato se comparó con los datos de SAP producción (programa en el cual se ingresa la producción de cada una de las máquinas de Locería Colombiana); a continuación, se presenta los datos de SAP, tanto del área de celdas como el de automáticas de pocillos.

*Tabla 7. Producción de pocillos diaria promedio día año 2023.*

Producción celdas de pocillos diaria promedio día del año 2023		
Etiquetas de fila	Suma de QT0001	Suma de QT003
AA040401	1921503,4	35923
AA040402	4055882	116913
AA040403	3468451	98115
Total, general	9445836,4	250951
<b>Suma de QT0001 y QT0003</b>		9696787,4
<b>Promedio general por día</b>		<b>26713</b>

Tabla 8. Producción automática de pocillos diaria promedio día año 2022.

Producción automáticas de pocillos diaria promedio día del año 2022		
Etiquetas de fila	Suma de QT0001	Suma de Qt0003
<b>AA040501</b>	2774313	95789
MQ_AUTOMATICA POCILLOS CABEZA 1	2774313	95789
<b>AA040502</b>	2687640	94705
MQ_AUTOMATICA POCILLOS CABEZA 2	2601493	94705
<b>AA040503</b>	2601493	83275
MQ_AUTOMATICA POCILLOS CABEZA 3	2519097	83275
<b>AA040504</b>	2519097	88661
MQ_AUTOMATICA POCILLOS CABEZA 4	10582543	88661
<b>Total, general</b>		362430
<b>Suma de QT0001 y QT0003</b>		10944973
<b>Promedio general por día</b>		30151

A partir de la *tabla 7* y *8*, se tiene que el promedio de producción día de automática y celdas es de **56864 piezas**. Haciendo una comparación entre los datos obtenidos vs datos de SAP, estos son muy cercanos, sin embargo, por recomendación del encargado del área de pocillos se prosigue a hacer la comparación con la demanda de la empresa y la capacidad máxima de las máquinas, para así garantizar que siempre la máquina cumpla con la producción necesaria.

A continuación, se presentan los datos de demanda y capacidad máxima (*tabla 9, 10, 11*), que más adelante se comparan con la producción que se espera que tenga el nuevo proceso.

Tabla 9. Demanda mensual y diaria requerida por la empresa.

DEMANDA MENSUAL OREJAS CELDAS	1126567
DEMANDA MENSUAL OREJAS AUTOMATICA	416000
TOTAL, DEMANDA MENSUAL OREJAS	1542567
DEMANDA DÍA OREJAS CELDAS	45062,68
DEMANDA DÍA OREJAS AUTOMATICA	16000
TOTAL, DEMANDA DÍA OREJAS	61062,68

Tabla 10. Capacidad máxima automáticas.

CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS SEMANAL	268800
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 30 DIAS CON 5 DOMINGOS	1171200

CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 30 DIAS CON 5 DOMINGOS	1123200
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 31 DIAS CON 5 DOMINGOS	1171200
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 31 DIAS CON 4 DOMINGOS	1219200
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 29 DIAS CON 4 DOMINGOS	1123200
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 29 DIAS CON 5 DOMINGOS	1075200
CAPACIDAD MAXIMA AUTOMATICAS MENSUAL MES DE 28 DIAS CON 4 DOMINGOS	1075200

*Tabla 11. Capacidad máxima celdas.*

		TOTAL, CELDAS Y AUTOMATICA
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS SEMANAL	255900	524700
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 30 DIAS CON 5 DOMINGOS	1114600	2285800
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 30 DIAS CON 5 DOMINGOS	1069100	2192300
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 31 DIAS CON 5 DOMINGOS	1114600	2285800
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 31 DIAS CON 4 DOMINGOS	1160100	2379300
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 29 DIAS CON 4 DOMINGOS	1069100	2192300
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 29 DIAS CON 5 DOMINGOS	1023600	2098800
CAPACIDAD MAXIMA CELDAS MENSUAL MES DE 28 DIAS CON 4 DOMINGOS	1023600	2098800

### **11 Identificación de funciones principales de la máquina**

Actualmente el proceso de preparación pega de orejas consta de los siguientes procesos:

**Pulida de espiga:**

Este proceso consta en ubicar la espiga en una base metálica, que a partir de un pistón neumático desplaza verticalmente la espiga tres veces por una esponja que pule la parte exterior de esta, rebaba existente posterior el proceso de desmoldeado de la espiga, en la *Figura 3*, se puede apreciar la máquina pulidora.



*Figura 3. Pulidora de espigas.*

**Corte con bisturí:**

Una vez pulido el borde externo de la oreja, se procede a realizar el primer corte manual haciendo uso de un bisturí, como se muestra en la *Figura 4*.



*Figura 4. Corte con bisturí.*

### **Perfilado de oreja:**

Finalmente, se realiza el corte con una cortadora manual (*Figura 5*), este corte será dado con un ángulo definido a partir del tipo de oreja con el que se esté trabajando, esto con la finalidad de que, al ensamblar con la base del pocillo, esta quede bien adherida y no se fracture en el proceso de secado.



*Figura 5. Perfilado de orejas cortadora manual.*

## 12 Estado del arte

En cuanto a formación de orejas para pocillos existen dos formas diferentes de hacerlo:

### **Prensado de oreja:**

Este método consiste en utilizar una prensa hidráulica que forma la oreja con su debido ángulo para ser pegada a la base del pocillo, esta técnica es utilizada en Alemania.

### **Vaciado de oreja independiente:**


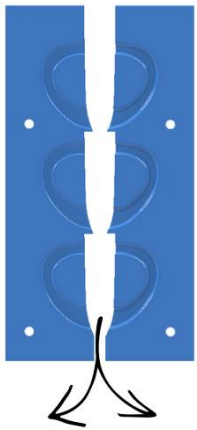

Se tiene conocimiento de que en China utilizan la técnica de hacer el vaciado en moldes que contienen una oreja; al hacer el desmolde la oreja, esta posee el ángulo para ser pegada a su base.

Si bien, se tiene conocimiento de estas técnicas, no hay referencia que lo soporte, pues se tuvo conocimiento de estas técnicas gracias al jefe de mantenimiento de la empresa, que tuvo la

oportunidad de viajar a diferentes plantas de cerámica del mundo para identificar diferentes tipos de formación de componentes cerámicos.

### 13 Diseño conceptual

Tabla 12. Sistemas maquina perfiladora de orejas.

Sistema	Descripción	Esquema
Corte vertical	Este corte se realiza de manera vertical, con la finalidad de separar el vástago de las orejas, para posteriormente perfilar la oreja.	
Apertura moldes orejas	En este paso el sistema debe ser capaz de abrir los moldes que poseen las orejas previamente cortadas hacia afuera.	
Perfilado orejas	Este corte consiste en darle el ángulo correspondiente a la oreja para posteriormente ser pegado a la base del pocillo.	
Sistema de protección contra accidentes	Este sistema se encargará de proteger las extremidades del operario que se encuentran en contacto directo cuando la máquina se encuentra en funcionamiento.	
Selección de estructura	La estructura es la que soportara las cargas internas de la máquina cuando esta esté en funcionamiento, y las cargas externas que se presenten.	



### 13.1 Alternativas de diseño

#### Corte vertical

Tabla 13. Alternativas de diseño de sistema corte vertical.




SISTEMA CORTE VERTICAL			
ALTERNATIVA	Nº1	Nº2	Nº3
OPCIÓN	Actuador neumático simple efecto	Actuador neumático doble efecto	Actuador neumático sin vástago
REPRESENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	El corte será impulsado por un actuador neumático de simple efecto que retornará a su posición inicial por medio de un muelle.	El corte será impulsado en ambas direcciones por el aire comprimido, creando fuerza en el corte y en el retorno.	Funciona similarmente al actuador neumático doble efecto.

Tabla 14. Alternativa de diseño sistema apertura moldes.

SISTEMA APERTURA MOLDES			
ALTERNATIVA	Nº1	Nº2	Nº3
OPCIÓN	Actuador sin vástago	Sistema servomotor – tornillo bolas recirculantes	Sistema Servo Cremallera
REPRESENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	El sistema de apertura será guiado por medio de este actuador, que cumplirá la función de desplazar el sistema hasta su posición final y realizar el respectivo retorno.	El sistema funciona con un servomotor acoplado a un tornillo de bolas recirculantes el cual realiza el movimiento de desplazamiento y retorno.	El sistema funciona con un servomotor acoplado a una cremallera que cumplirá la misma función que las anteriores opciones.

Tabla 15. Alternativa de diseño sistema corte radial.

SISTEMA PERFILADO OREJAS			
ALTERNATIVA	N°1	N°2	N°3
OPCIÓN	Motor paso a paso EMMS-ST	Actuador rotativo DRRD	Actuador rotativo DSR
REPRESENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	El sistema de perfilado será impulsado por medio de un motor paso a paso que permite un giro de 360°.	Este actuador rotativo se puede graduar hasta 270°, permitiendo un grado de libertad bastante amplio.	Este actuador rotativo solo puede trabajar en el rango de 0-180°.

Tabla 16. Alternativas sistema de protección contra accidentes.




SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA ACCIDENTES			
ALTERNATIVA	N°1	N°2	N°3
OPCIÓN	Sensores fotoeléctricos	Puerta de apertura	Sensor tipo cortina
REPRESENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	Este sensor emite una luz infrarroja, roja o láser, y el objetivo quiebra el haz de luz o refleja el haz de vuelta hacia el sensor para activar la salida del sensor.	Esta puerta restringe el acceso a la máquina cuando esté en funcionamiento, proporcionando así seguridad al operario.	Esta barrera de laser funciona como puerta de protección del sistema.

Tabla 17. Alternativa selección de estructura.

SELECCIÓN DE ESTRUCTURA			
ALTERNATIVA	N°1	N°2	N°3
OPCIÓN	Angulo tipo americano de lados iguales ASTM A36	Tubo cuadrado PTS acero ASTM A36	Tubo cuadrado acero inoxidable
REPRESENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	Este tipo de ángulo es muy utilizado en la fabricación de estructuras por su fácil soldabilidad y gran resistencia.	Estos tubos son muy utilizados también en el diseño de estructuras, proporcionando más resistencia que el ángulo de lados iguales.	Este tipo de material es utilizado en ambientes húmedos, donde se requiera su aplicación.

### 13.2 Criterios de selección de alternativas

A continuación, se muestran los criterios de selección y asignación de valores para elegir la alternativa que más ajusta para cada sistema, con calificación de 1, 3 y 5; siendo 1 insatisfactoria y 5 la más adecuada. Cabe aclarar que estos criterios se los evaluó con el diseñador de la empresa, el asesor externo y la persona encargada SST, para conocer la importancia que tienen los criterios de evaluación mencionados en las *Tablas 18,19,20,21,22* para cada uno de ellos. El nivel de importancia va de 1 a 100, siendo 1 sin importancia y 100 importante (*Tabla 23*). Luego de que cada persona realizará la evaluación correspondiente para cada criterio, se deben sumar los valores de cada criterio y se obtiene un valor total para cada uno. Después, se deben sumar todos los valores totales obtenidos de cada criterio para obtener el valor total. Con esto se podrá obtener el peso de cada criterio realizando una división entre el valor total del criterio y la suma general.

Tabla 18. Criterios de evaluación sistema corte vertical.

CRITERIOS DE EVALUACION	DEFINICIÓN	EVALUACIÓN X		
		1	3	5
Costo del componente	Costo de adquisición.	$x > \$2M$	$\$1 > x \leq \$2M$	$x < \$1M$
Precisión del sistema	Que tan preciso es el componente	x= Poca precisión	x=Mediana precisión	x=Buena precisión
Facilidad de instalación	Tiempo necesario para instalar en la máquina.	x=Tiempo > 2 hora	x=Tiempo entre 1 hora y 2 horas	x=Tiempo < 1 hora
Tiempos de mtto	Tiempo que se tarda en realizar el mtto a los componentes	$x > 3$ horas	$2 \text{ horas} > x \leq 3 \text{ horas}$	$x \leq 1$ hora
Seguridad	Que tan seguro es el componente	x= componente inseguro	x= Componente medianamente inseguro	x= Componente seguro

Tabla 19. Criterios de evaluación sistema apertura orejas.

CRITERIOS DE EVALUACION	DEFINICIÓN	EVALUACIÓN X		
		1	3	5
Costo del componente	Costo de adquisición.	$x > \$20M$	$\$15 M > x \leq \$20M$	$x < \$15M$
Precisión del sistema	Que tan preciso es el componente	x= Poca precisión	x=Mediana precisión	x=Buena precisión
Facilidad de instalación	Tiempo necesario para instalar en la máquina.	x=Tiempo > 24 horas	x=Tiempo entre 18 hora y 24 horas	x=Tiempo < 18 horas
Tiempos de mtto	Tiempo que se tarda en realizar el mtto a los componentes	$x > 5$ horas	$3 \text{ horas} > x \leq 5 \text{ horas}$	$x \leq 3$ horas
Seguridad	Que tan seguro es el componente	x= componente inseguro	x= Componente medianamente inseguro	x= Componente seguro

Tabla 20. Criterios de evaluación sistema perfilado orejas.

CRITERIOS DE EVALUACION	DEFINICIÓN	EVALUACIÓN X		
		1	3	5
Costo del componente	Costo de adquisición.	$x > \$2M$	$\$1 M > x \leq \$2M$	$x < \$1M$
Precisión del sistema	Que tan preciso es el componente	x= Poca precisión	x=Mediana precisión	x=Buena precisión
Facilidad de instalación	Tiempo necesario para instalar en la máquina.	x=Tiempo > 2 hora	x=Tiempo entre 1 hora y 2 horas	x=Tiempo < 1 hora
Tiempos de mtto	Tiempo que se tarda en realizar el mtto a los componentes	$x > 3$ horas	$2 \text{ horas} > x \leq 3 \text{ horas}$	$x \leq 1$ hora
Seguridad	Que tan seguro es el componente	x = Puede haber amputación de la falange de la mano.	x = Puede haber corte parcial de la falange de la mano.	x = No hay peligro de corte

Tabla 21. Criterios de evaluación sistema de protección contra accidentes.

CRITERIOS DE EVALUACION	DEFINICIÓN	EVALUACIÓN X		
		1	3	5
Costo del componente	Costo de adquisición.	$x > \$4M$	$\$3 M > x \leq \$4M$	$x < \$3M$
Precisión del sistema	Que tan preciso es el componente	x= Poca precisión	x=Mediana precisión	x=Buena precisión
Facilidad de instalación	Tiempo necesario para instalar en la máquina.	x=Tiempo > 2 hora	x=Tiempo entre 1 hora y 2 horas	x=Tiempo < 1 hora
Tiempos de mtto	Tiempo que se tarda en realizar el mtto a los componentes	$x > 3$ horas	2horas $> x \leq 3$ horas	$x \leq 1$ hora
Seguridad	Que tan seguro es el componente	x= componente inseguro	x= Componente medianamente inseguro	x= Componente seguro

Tabla 22. Criterios de evaluación selección de estructura.

CRITERIOS DE EVALUACION	DEFINICIÓN	EVALUACIÓN X		
		1	3	5
Costo del componente	Costo de fabricación.	$x > \$15M$	$\$10 M > x \leq \$15M$	$x < \$10M$
Precisión del sistema	Que tan preciso es el componente	x= Poca precisión	x=Mediana precisión	x=Buena precisión
Facilidad de instalación	Tiempo necesario para instalar en la máquina.	x=Tiempo > 15 horas	x=Tiempo entre 10 horas y 15 horas	x=Tiempo < 10 hora
Durabilidad	Que tan larga es la vida útil de la estructura una vez esté en funcionamiento	$x < 3$ años	3 años $> x < 5$ años	$x \geq 5$ años
Seguridad	Que tan seguro es el componente	x= componente inseguro	x= Componente medianamente inseguro	x= Componente seguro

Tabla 23. Importancia criterios de evaluación.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	DISEÑO	AUTOMATIZACIÓN	SST	TOTAL
Costo de adquisición o fabricación	16,7	70	80	50	200
Facilidad de montaje	12,5	50	50	50	150
Tiempos de mtto	13,3	80	50	30	160
Precisión	20,8	90	90	70	250
Seguridad	19,2	70	70	90	230
Durabilidad	17,5	80	70	60	210
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>440</b>	<b>410</b>	<b>350</b>	<b>1200</b>

Tabla 24. Evaluación criterios de selección sistema corte vertical.

SISTEMA CORTE VERTICAL							
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	Actuador neumático simple efecto		Actuador neumático doble efecto		Actuador neumático sin vástago	
		X	X*PESO	X	X*PESO	X	X*PESO
Costo de adquisición o fabricación	0,167	5	0,835	3	0,501	1	0,167
Facilidad del montaje	0,125	5	0,625	5	0,625	5	0,625
Tiempos de mantenimiento	0,133	5	0,665	5	0,665	5	0,665
Precisión	0,208	3	0,624	5	1,04	5	1,04
Seguridad	0,192	3	0,576	3	0,576	5	0,96
Durabilidad	0,175	1	0,175	5	0,875	3	0,525
<b>Total</b>			<b>3,5</b>		<b>4,282</b>		<b>3,982</b>

Tabla 25. Evaluación criterios de selección sistema apertura moldes.

SISTEMA APERTURA MOLDES							
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	Actuador sin vástago		Sistema servomotor - tornillo bolas recirculantes		Sistema servo cremallera	
		X	X*PESO	X	X*PESO	X	X*PESO
Costo de adquisición o fabricación	0,167	5	0,835	3	0,501	5	0,835
Facilidad del montaje	0,125	5	0,625	3	0,375	3	0,375
Tiempos de mantenimiento	0,133	3	0,399	5	0,665	5	0,665
Precisión	0,208	1	0,208	5	1,04	1	0,208
Seguridad	0,192	3	0,576	3	0,576	3	0,576
Durabilidad	0,175	1	0,175	5	0,875	5	0,875
Total			2,818		4,032		3,534

Tabla 26. Evaluación criterios de selección sistema perfilado de orejas.

SISTEMA PERFILADO DE OREJAS							
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	Motor paso a paso EMMS-ST		Actuador rotativo DRRD		Actuador rotativo DSR	
		X	X*PESO	X	X*PESO	X	X*PESO
Costo de adquisición o fabricación	0,167	1	0,167	5	0,835	5	0,835
Facilidad del montaje	0,125	5	0,625	5	0,625	5	0,625
Tiempos de mantenimiento	0,133	3	0,399	3	0,399	3	0,399
Precisión	0,208	3	0,624	3	0,624	5	1,04
Seguridad	0,192	5	0,96	5	0,96	5	0,96
Durabilidad	0,175	5	0,875	3	0,525	3	0,525
Total			3,65		3,968		4,384

Tabla 27. Evaluación criterios de selección sistema de protección contra accidentes.

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA ACCIDENTES							
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	Sensores fotoeléctricos		Puerta de apertura		Sensor tipo cortina	
		X	X*PESO	X	X*PESO	X	X*PESO
Costo de adquisición o fabricación	0,167	5	0,835	5	0,835	3	0,501
Facilidad del montaje	0,125	5	0,625	5	0,625	5	0,625
Tiempos de mantenimiento	0,133	3	0,399	3	0,399	3	0,399
Precisión	0,208	1	0,208	3	0,624	5	1,04
Seguridad	0,192	3	0,576	1	0,192	5	0,96
Durabilidad	0,175	5	0,875	5	0,875	5	0,875
Total			3,518		3,55		4,4

Tabla 28. Evaluación criterios de selección de estructura.

SELECCIÓN DE ESTRUCTURA							
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	Angulo tipo americano de lados iguales ASTM A36		Tubo PTS acero ASTM A36		Tubo cuadrado acero inoxidable	
		X	X*PESO	X	X*PESO	X	X*PESO
Costo de adquisición o fabricación	0,167	5	0,835	5	0,835	1	0,167
Facilidad del montaje	0,125	5	0,625	5	0,625	5	0,625
Tiempos de mantenimiento	0,133	3	0,399	3	0,399	5	0,665
Precisión	0,208	5	1,04	5	1,04	5	1,04
Seguridad	0,192	3	0,576	5	0,96	5	0,96
Durabilidad	0,175	3	0,525	3	0,525	5	0,875
Total			4		4,384		4,332

Después de realizar la evaluación de cada una de las alternativas propuestas, se eligen las que han obtenido una mayor puntuación. Las cuales se presentan a continuación:



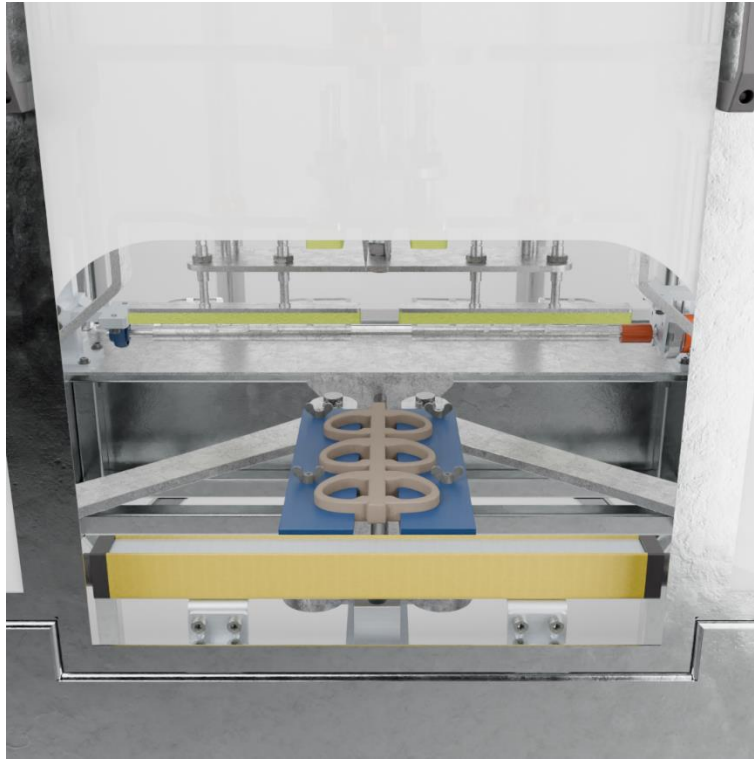
Tabla 29. Selección de componentes.

SISTEMA	ALTERNATIVA ELEGIDA
Sistema corte vertical	Actuador neumático doble efecto
Sistema apertura moldes	Sistema servomotor - tornillo bolas recirculantes
Sistema perfilado de orejas	Actuador rotativo DSR
Sistema de protección contra accidentes	Sensor tipo cortina
Selección de estructura	Tubo PTS acero ASTM A36

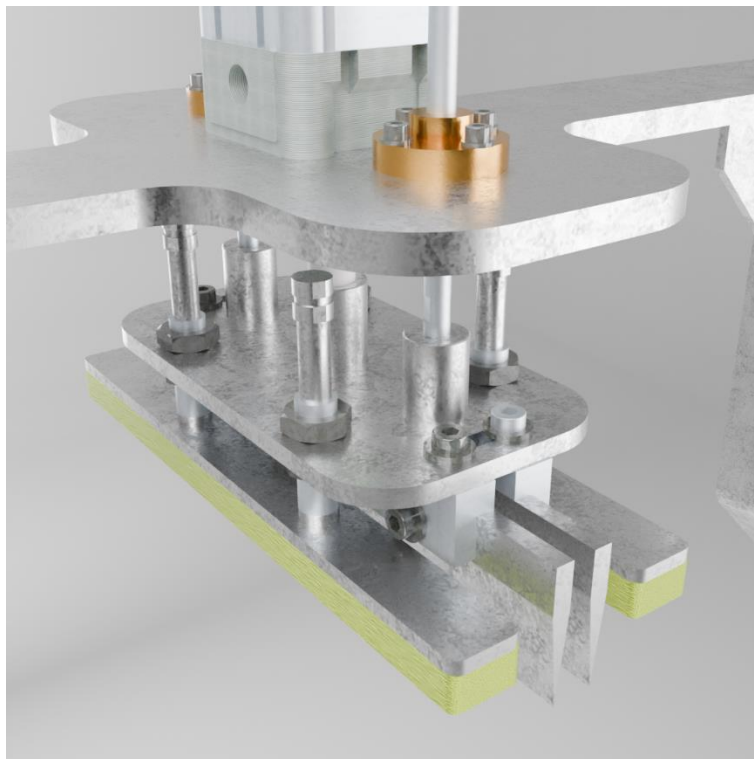
## 14 Diseño preliminar

Para empezar, el operario ubicara la espiga previamente pulida en los moldes (*Figura 10*), para posteriormente accionar dos pulsadores que iniciarán la secuencia de la máquina. La primera operación consiste en accionar el sistema corte vertical por medio de dos pulsadores que activan un pistón neumático, este sistema tiene acoplado 6 compensadores que pisan las orejas para que estas no se levanten cuando se realice el corte (*Figura 6*). Una vez el vástago se haya cortado el sistema de corte vertical regresa a su posición inicial, para así, por medio de un sistema servo-tornillo de bolas recirculantes llevar las orejas hasta el otro la de la máquina (*Figura 7*).

Una vez el sistema se encuentra la segunda posición (posición abierta), el segundo sistema de pisado se acciona por medio de un pistón neumático y compensadores para sujetar las orejas (*Figura 8*). Posteriormente un actuador rotativo acoplado a un sistema de cuchillas con el perfil de las orejas de la referencia a trabajar se activa, dando así al perfilado final que requiere la oreja (*Figura 9*), finalmente el sistema de pisado retorna a su posición inicial, al igual que el sistema de apertura de orejas, donde el operario retira las orejas separadas y perfiladas para almacenarlas en estanterías.



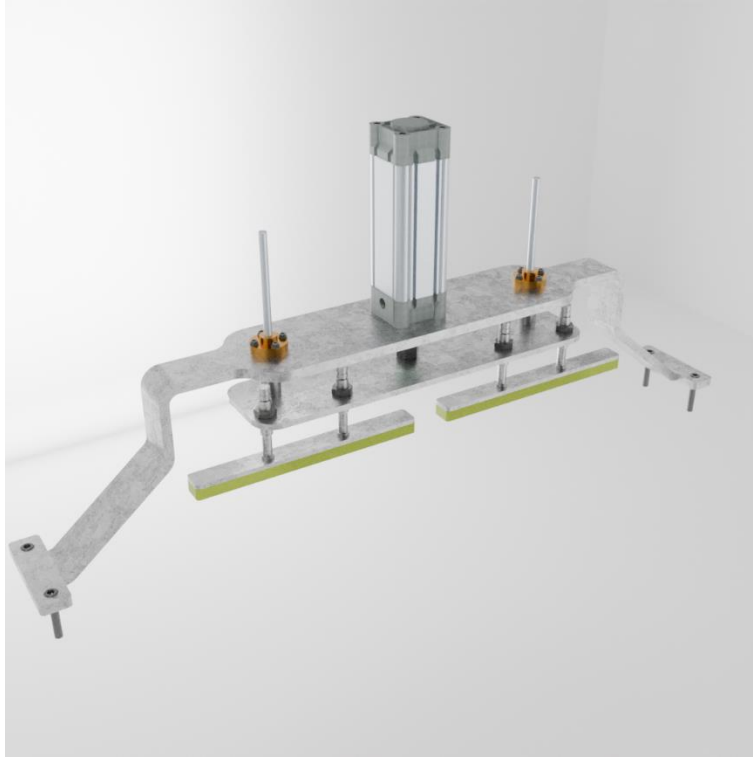
*Figura 6. Moldes para ubicar espiga previamente pulida.*



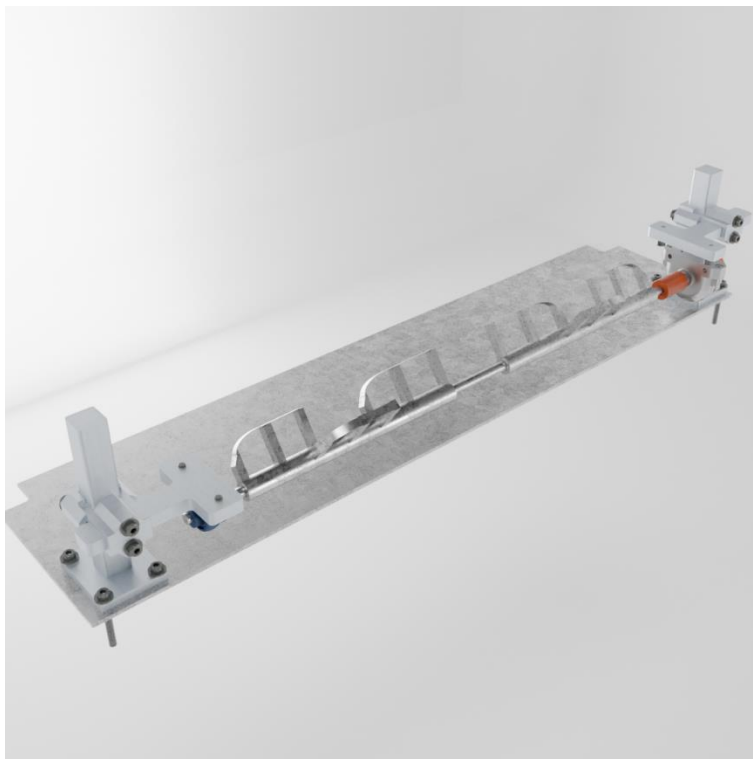
*Figura 7. Sistema corte vertical con compensadores.*



*Figura 8. Posición 2 sistema tornillo de bolas recirculantes.*



*Figura 9. Sistema pisado perfilado de oreja.*



*Figura 10. Cuchillas perfiladora de orejas.*

## 15 Calculo y selección de componentes

### 15.1 Sistema de pisado y corte vertical

Para este sistema es necesario considerar la fuerza necesaria para separar la espiga de las orejas, teniendo en cuenta el peso de las cuchillas y el sistema de compensadores.

Datos necesarios para el corte de la espiga:

Esfuerzo último de la arcilla = 10 Mpa (N/m<sup>2</sup>) [8]

Área espiga = 0,0054 m<sup>2</sup>

Numero de cuchillas a utilizar = 2

Dimensiones de la referencia de espiga más grande a cortar:

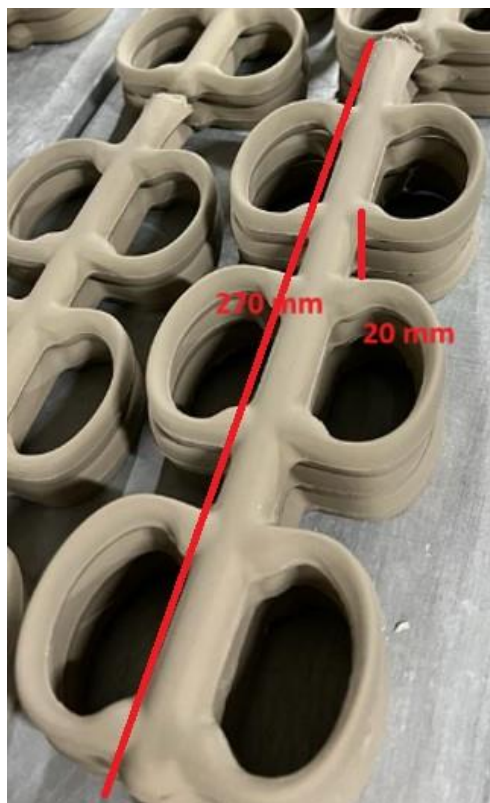


Figura 11. Dimensiones espiga 5060.

Se calcula el área a cortar

$$A = 270 \text{ mm} * 20 \text{ mm}$$

$$A = 5400 \text{ mm}^2 \longrightarrow 0,0054 \text{ m}^2$$

Una vez conocidos estos datos se procede a hallar la fuerza cortante aplicando la siguiente formula:

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$\tau = \text{Esfuerzo ultimo}$

$V = \text{Fuerza cortante}$

$A = \text{Area de corte}$

Reemplazando:

$$V = \tau * A = 10 \text{ Mpa} * 0,0054 \text{ m}^2$$

$$V = 0,054 \text{ KN} \longrightarrow 54\text{N} * 2 \text{ Cuchillas} = 110 \text{ N}$$

La fuerza necesaria para este corte es de **110 N**

Se procede a calcular la fuerza necesaria para el retroceso del cilindro neumático, para esto es necesario saber el peso total del sistema (*Figura 7*). Haciendo uso de Autodesk Inventor se determina la masa de cada componente, teniendo lo siguiente:

- Numero de cuchillas a utilizar 2 (0,76 Kg cada una) = 1,52 Kg
- Soporte cuchillas = 1,939 Kg
- Numero de compensadores a utilizar 4 (0,1 Kg cada uno) = 0,4 Kg
- Numero de ejes a utilizar 2 (0,12 Kg cada uno) = 0,24 Kg
- Numero de acople de cuchillas a utilizar 2 (0,665 Kg cada uno) = 1,33 Kg
- Numero de platinas para esponja a utilizar 2 (0,425 cada una) = 0,85 Kg

Para un total de **8,439 Kg**

Teniendo en cuenta el valor de la gravedad, se tiene la siguiente fuerza:

$$8,439 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m*s}^2 = \mathbf{82,70 \text{ N}}$$

Finalmente se selecciona el cilindro neumático de la siguiente manera:

Presión de trabajo de Locería Colombiana: 6 Bar  $\longrightarrow$  87,02 PSI

Fuerza cortante: 110 N (Se elige la fuerza necesaria mayor, siendo la cortante)

$$P = \frac{F}{A}$$

$P = \text{Presion}$

$F = \text{Fuerza}$

$A = \text{Area}$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{110\text{N}}{0.6 \text{PSi} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)} = 183,3 \text{ mm}^2$$

Con esta área se procede a calcular el diámetro del embolo de la siguiente forma:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4A}{\pi} = 15,28 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{\varnothing 16 \text{ mm}}$$

Se selecciona el cilindro neumático de  $\varnothing 40 \text{ mm}$  por mantenibilidad (*Figura 13*), al ser uno de los más utilizados en la empresa. Se determina por diseño que la carrera debe ser de **300 mm**, con la finalidad de poder graduar la salida de este a partir de sensores de final de carrera. El diseño final de este sistema se puede visualizar en la *Figura 12*.

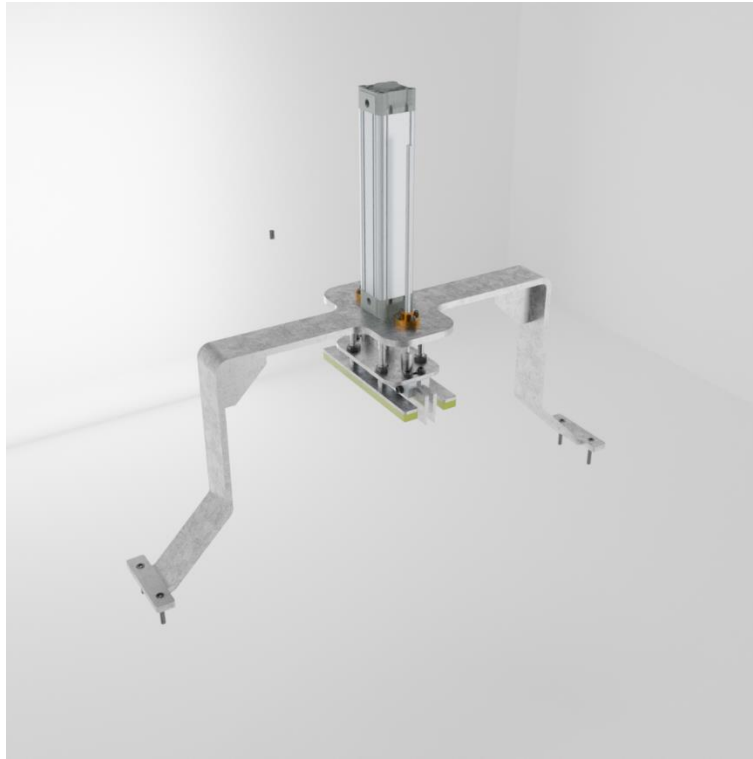


Figura 12. Sistema corte vertical.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica a 6 bar, avance	483	754	1178	1870	3016	4712	7363
Fuerza teórica a 6 bar, retroceso	415	633	990	1682	2721	4418	6881
Energía de impacto máx. en las posiciones finales							
DSBC-...	0,4 <sup>1)</sup>	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3
DSBC...-L/-U/-T1/-T3/-T4	0,2 <sup>1)</sup>	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25	1,65
DSBC...-L1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9	1,25	1,65

Figura 13. Características cilindro DSBC-40-300 seleccionado.

## 15.2 Sistema de apertura de orejas

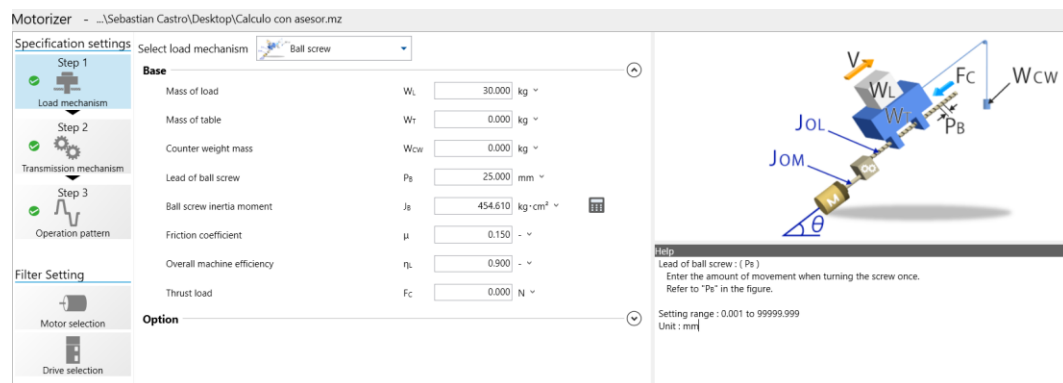
Para este sistema se utilizó un tornillo de bolas recirculantes acoplado a un servomotor por medio de un acople tipo araña (*Figura 20*), esto con la finalidad de tener un inicio y final de carrera preciso, pues de tener un desfase de 1 mm, la oreja no cumpliría con la calidad necesaria en el perfilado.



La apertura del sistema será a partir de unos brazos metálicos acoplados por medio de ejes que van a permitir la rotación necesaria. Además, el sistema esta guiado por medio de dos ejes INA, que cumplirían la función de guía y apoyo en los respectivos cortes de la secuencia.

Para la selección del servomotor se utilizó el programa Motorizer de Mitsubishi, en la *Figura 14* se puede apreciar la interfaz del programa Motorizer, donde en un principio se selecciona la aplicación, siendo en este caso la de un husillo de bolas que transporta una masa.

Seguidamente se ingresan valores como la masa, el paso del tornillo de bolas recirculantes, el momento de inercia, el coeficiente de fricción y la eficiencia del sistema.



*Figura 14. Ingreso de datos al programa.*

Para el paso del tornillo se asignó el paso 25 mm, pues es necesario este paso para cumplir con el desplazamiento que se requiere en un tiempo estimado de 2s.

Para la masa, esta se determinó haciendo uso del programa Inventor, el cual arrojó un aproximado de 25 Kg, sin embargo, para el ejercicio se utilizó un peso de 30 Kg.

El coeficiente de fricción se ingresó el estático del acero de 0,150  $\mu$ , siendo este el más crítico. [9]

El momento de inercia se lo calculo asignando valores aproximados de la masa que estaría en movimiento, como se muestra en la *Figura 15*, donde el programa facilita este cálculo entregando un valor aproximado.

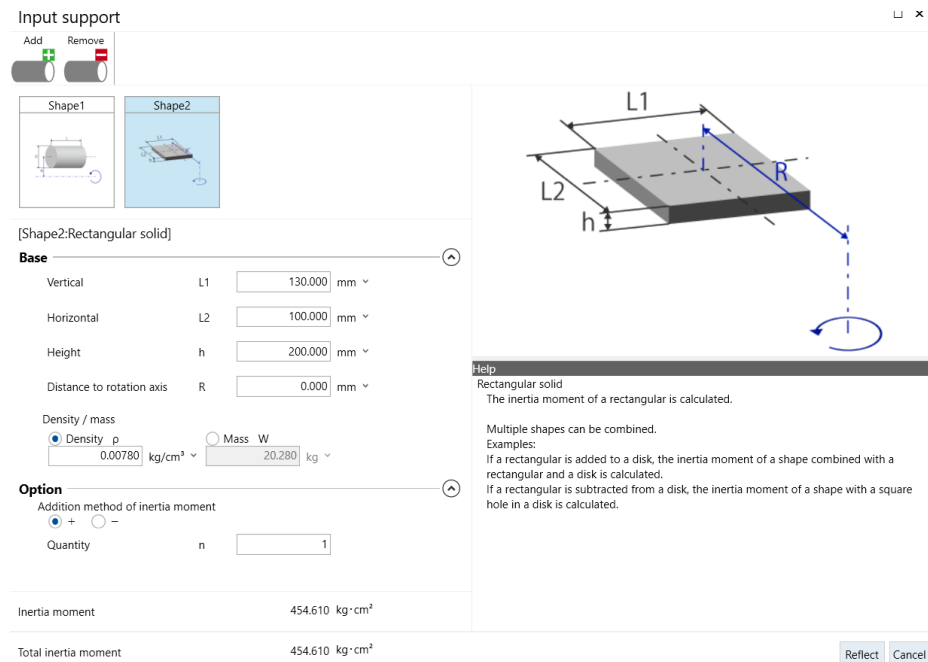


Figura 15. Cálculo de momento de inercia.

Se selecciono una relación de transmisión 2:1, con la finalidad de reducir el impacto generado por el momento de inercia al tener un movimiento rápido en muy poco tiempo (Figura 16).

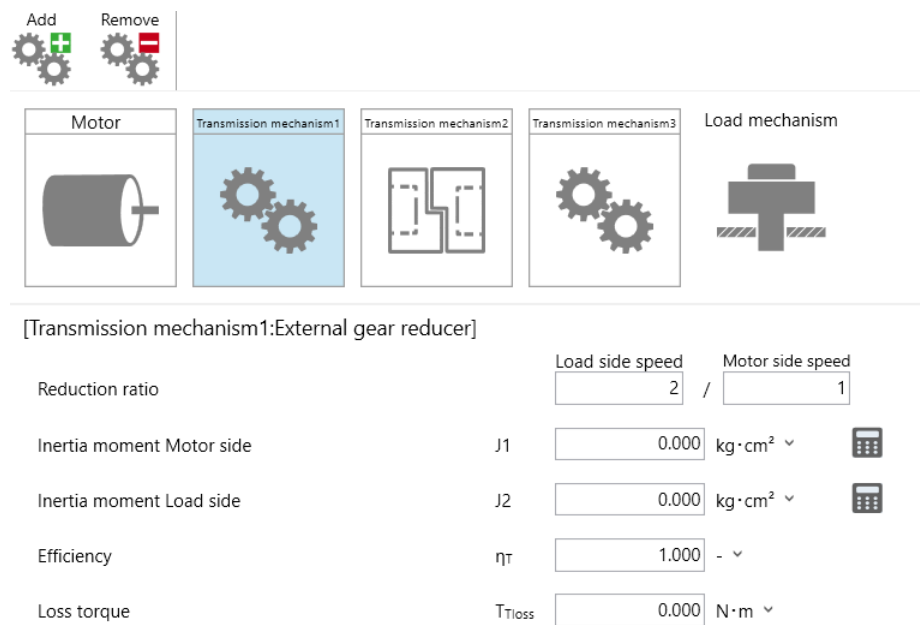
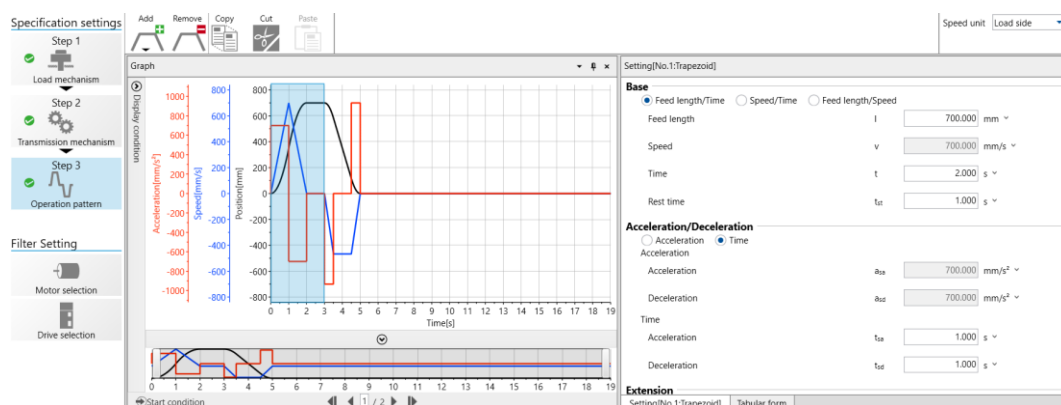


Figura 16. Relación de transmisión elegida.

Finalmente, se ingresa el valor de longitud y la velocidad en la cual se requiere este movimiento, siendo de 2s para una longitud de 700 mm, longitud estimada en el diseño de la máquina.

Estos valores arrojan dos gráficas, una de inicio y otra de retorno, que permite visualizar mejor el comportamiento de la aceleración, la velocidad y la posición en el tiempo, como se puede visualizar en la *Figura 17*.



*Figura 17. Gráfica aceleración, velocidad y posición en el tiempo.*

Finalmente, el programa arroja los servomotores recomendados a partir de los datos ingresados (*Figura 18*), donde se debe asegurar que el torque no supere el 50% de la capacidad máxima del servomotor, y de que la velocidad no supere el 80% de su capacidad máxima.

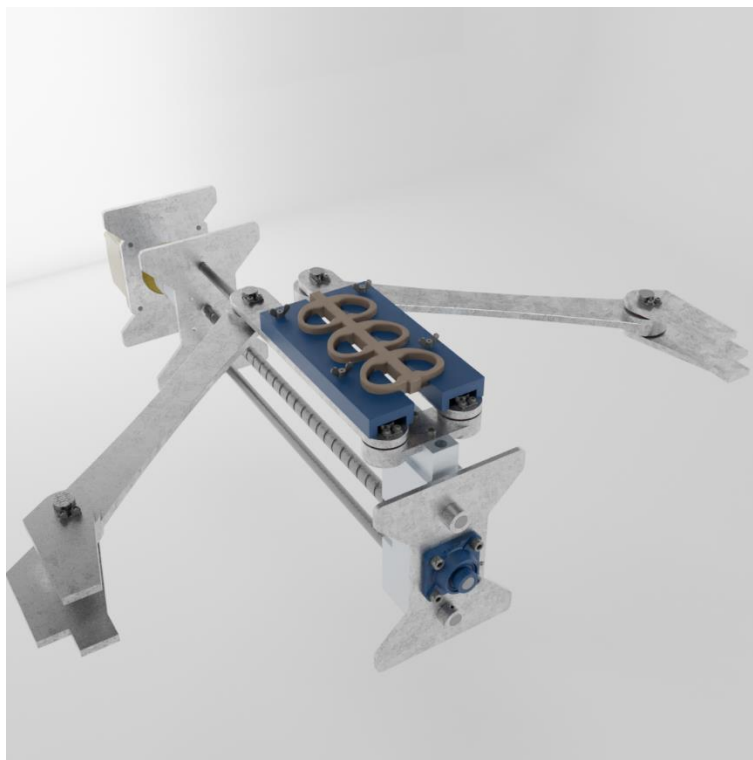
Selection candidate list    Cancel Calculation    Calculated number of candidates: 9 \* You can narrow down candidates in the filter settings.

Display condition	Motor	Drive	Regenerative option	Torque effective load rate[%]	Peak load rate[%]	Effective load rate at stop[%]	Motor output rate[%]	Maximum speed rate[%]	Inertia moment ratio[Times]	Regenerative load rate[%]
<input checked="" type="checkbox"/>	HG-SR7024	MR-J4-700A4	Built-in regenerative resistor	23.7	78.2	0.0	1.7	28.0	12.2	24.4
<input checked="" type="checkbox"/>	HG-SR7024I	MR-J4-700A4	Built-in regenerative resistor	23.7	78.2	0.0	1.7	28.0	12.2	24.4
<input checked="" type="checkbox"/>	HG-JR8014	MR-J4-11KA4	GRZG400-2.5Q *4 or MR-RBSK-4	10.7	35.2	0.0	1.5	2.0	0.8	7.7
<input checked="" type="checkbox"/>	HG-JR11K1M4	MR-J4-11KA4	GRZG400-2.5Q *4 or MR-RBSK-4	11.7	38.5	0.0	1.1	28.0	0.4	8.0

*Figura 18. Servomotores recomendados por Maximizer.*

Series	MELSERVO-JE
Type	HG-SN
Rated Capacity (kW)	2
Rated Torque (Nm)	9,55
Maximum Torque (Nm)	28,6
Rated Speed (rpm)	2000
Maximum Speed (rpm)	3000
Inertia (kg*cm <sup>2</sup> )	46,8
Brake	NO
Shaft Type	KEYWAY
Protection Class	IP67
Power Supply (V)	200
Current Type	AC
Encoder Type	17-BIT
Encoder Resolution (p/rev)	131072
Inertia	MEDIUM INERTIA

*Figura 19. Características servomotor HG-SN seleccionado.*



*Figura 20. Sistema servomotor-tornillo de bolas recirculantes.*

El tornillo de bolas recirculantes y el servomotor están acoplados por medio de un acople tipo araña; se selecciona la referencia GE-28 PLUS de la marca INTERMEC (*Figura 21*), a partir del diámetro del eje de salida del servomotor (35 mm) y el diámetro del eje del tornillo de bolas recirculantes (17 mm).

Referencia	GE-28 PLUS
Eje máx. Manzana STD	28
Eje máx. Manzana PLUS	38
ØD	66
M1	48
M2	66
L	90
L1-L2	35
E	20
Diseño	GE-PLUS
Peso (kg)	1,6

*Figura 21. Características acople tipo araña GE-28-PLUS.*

### 15.2.1 Diseño de ejes sistema apertura de orejas

Para el sistema de apertura de orejas se diseñaron dos ejes (*Figura 24, Figura 25*). Estos ejes cumplen la función de guiar el movimiento circular que realizan los brazos metálicos en la apertura y cierre del sistema.

En conjunto, los ejes estarían acoplados a los brazos por medio de tornillos de sujeción y por medio de anillos de retención que asegurarían que estos no tengan desplazamiento axial. Además, estos ejes guían la rotación de rodamientos, estos rodamientos se seleccionan a partir de las condiciones de trabajo al que estarían sometidos, cargas axiales, radiales y un ambiente con material particulado. Haciendo uso del programa proporcionado por SKF (*Figura 22*) y reemplazando los datos requeridos por el programa, se selecciona el rodamiento 6205 2Z, con placas de protección para reducir la contaminación por material particulado. Para las fuerzas que van a soportar el eje se las cálculo de la siguiente manera:

**Datos:**

Presión de trabajo de Locería Colombiana: 6 Bar → 87,02 PSI

Fuerza requerida:

Masa que desplaza el sistema de apertura de orejas:

- Camisa tuerca de bolas recirculantes = 4,23 Kg
- Numero de brazo 1 a utilizar 2 (3,48 Kg cada uno) = 6,95 Kg
- Numero de brazo 2 a utilizar 2 (2,33 Kg cada uno) = 4,66 Kg
- Brazo 3 = 0,670 Kg

Para un total de **16,51 Kg**

Esta masa será multiplicada por la gravedad para hallar la fuerza necesaria para desplazar el sistema de apertura de orejas.

$$\begin{aligned} \text{Fuerza requerida: } & 16,51 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 \\ & = \mathbf{161,8 \text{ N}} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta la fuerza de fricción estática entre aceros se tiene lo siguiente:

$$F_f = \mu \cdot F_N$$

$F_f$  es la fuerza de fricción,

$\mu$  es el coeficiente de fricción estático (0,15)

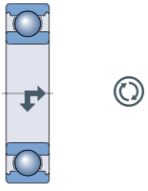
$F_N$  es la fuerza normal.

$$F_f = 161,8 * 0,15 = \mathbf{24,27 \text{ N}}$$

$$F_{\text{total}} = 161,8 + 24,27 = \mathbf{186,07 \text{ N}}$$

De esta forma, se trabaja con 250 N, que es un valor superior al calculado para las cargas radiales y con 110 N para las cargas axiales, siendo este valor el calculado anteriormente para el corte del vástago, cabe resaltar que esta fuerza estaría directamente soportada sobre los ejes INA, sin embargo, se lo calcula para el ejercicio, teniendo los siguientes valores.

Calcular
Ajustes y tolerancias



Fuerzas Radial kN		Axial	Velocidad r/min	Temperatura Aro interior Aro exterior °C	
0.25	0.11		20	25	25

+ Agregar caso de carga

Calcular

**Lubricación y contaminación**

Grasa  
LGMT2  
Limpieza normal

**Orientación del eje**

Vertical

**Juego radial**

Normal

**Ajustes para estimación de CO<sub>2</sub> NUEVO**

Localización geográfica - Unión Europea  
Periodo de interés [años] - 1  
Tiempo operativo [%] - 100%

Figura 22. Cálculo de rodamientos sistema apertura de orejas.

Resultados de cálculo

[Pegar todo](#) ■ SKF Explorer - Mayores niveles de carga y vida útil más prolongada con beneficios asociados

**Propiedades del rodamiento** 6205

Designación	Tipo de rodamiento	Dimensiones principales			Capacidad de carga básica			Clasificaciones de velocidad		
		Diámetro interior d (mm)	Diámetro exterior D (mm)	Ancho B (mm)	Dinámica C (kN)	Estática C <sub>0</sub> (kN)	Carga límite de fatiga P <sub>e</sub> (kN)	Referencia n <sub>ref</sub> (r/min)	Limitante n <sub>lim</sub> (r/min)	Catalogue <a href="#">Open in catalogue</a>
6205	Rodamiento rígido de bolas	25	52	15	13.8	7.65	0.325	28000	18000	

**Carga mínima**  $F_{min}$ : 0.0125 kN

Designación	Radial	Requisito
6205	0.0125	si

Figura 23. Dimensiones rodamiento seleccionado.



*Figura 24. Eje 1 sistema apertura orejas.*



*Figura 25. Eje 2 sistema apertura orejas.*

A continuación, se presenta el sistema completo para cada eje, con sus respectivos anillos de seguridad, bujes separadores, sujetadores y rodamientos:



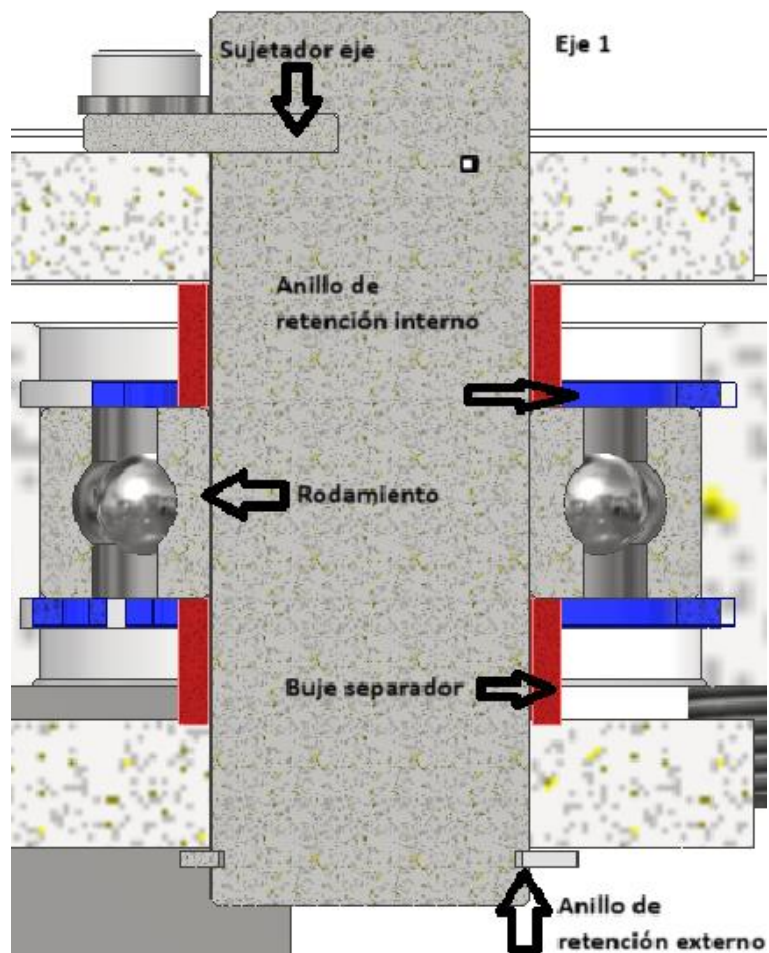


Figura 26. Vista en sección de componentes eje 1.

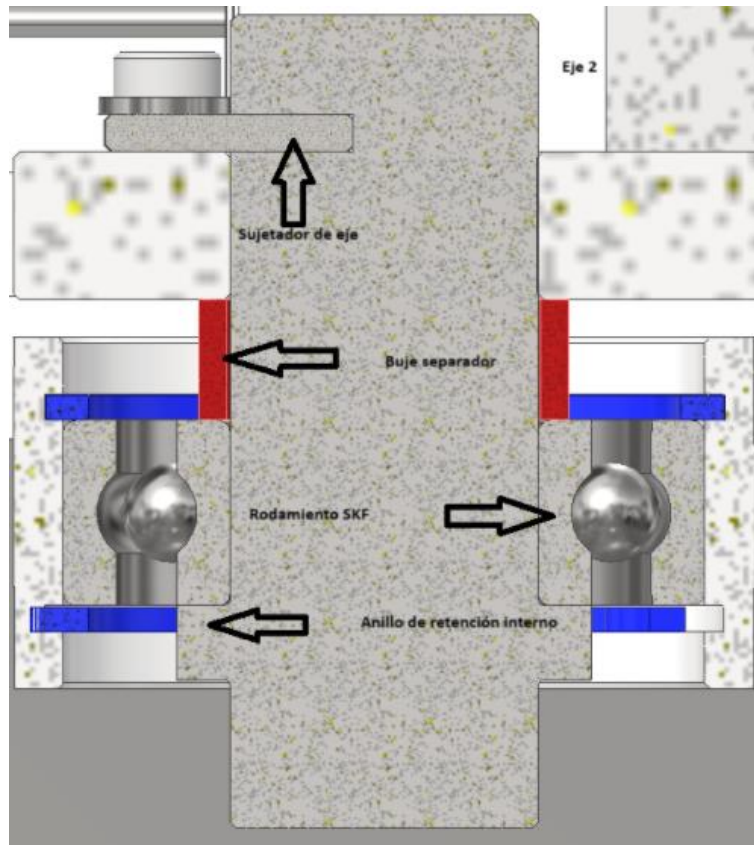


Figura 27. Vista en sección de componentes eje 2.

Para la selección de los anillos de retención interno y externo se utilizó el catálogo Otia, donde a partir del diámetro externo del eje (25 mm), y la medida del diámetro del rodamiento seleccionado (52 mm), como se puede visualizar en las *figuras 28 y 29* respectivamente. Las dimensiones de los bujes separadores fueron dadas a partir del diseño, con la finalidad de asegurar el movimiento axial de los componentes.

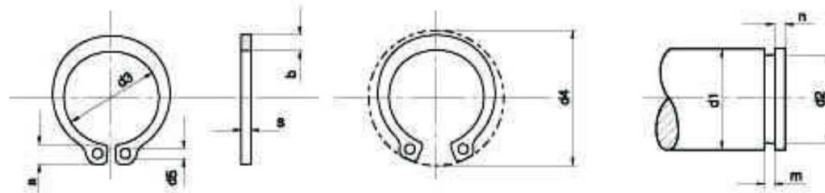


## ANILLO DE SEGURIDAD

### PARA EJES

**Tipo: A**

**DIN 471**



Med. Nom. d1	ANILLO							RANURA				Fuerza Axial KG. ≤			
	s h11	a max.	b ≈	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m H 13		n min.		
4	0,4	2,2	0,9	3,7	+0,04 -0,15	8,6	1	0,034	3,8	h10 +0 -0,04	0,5	0,3	30		
5	0,6	2,5	1,1	4,7		10,3		0,066	4,8		0,7		38		
6	0,7	2,7	1,3	5,6		11,7	1,15	0,084	5,7		0,8		70		
7	0,8	3,1	1,4	6,5	+0,06 -0,18	13,5	1,2	0,121	6,7	h10 +0 -0,06	0,9	0,45	80		
8		3,2	1,5	7,4		14,7		0,158	7,6				120		
9	1	3,3	1,7	8,4	+0,10 -0,36	16,0	1,5	0,300	8,6	h11 +0 -0,11	1,1	0,6	138		
10			9,3	1,8		10,2		17,0	1,7				0,340	9,6	153
11			10,2			18,0		0,410					10,5	210	
12		11	19,0			0,500	11,5	230							
13		3,4	2	11,9		20,2	0,530	12,4	300						
14		3,5	2,1	12,9		21,4	0,640	13,4	325						
15		3,6	2,2	13,8		22,6	0,670	14,3	400						
16	3,7	14,7		23,8	0,700	15,2	490								
17	3,8	2,3	15,7	25,0	0,820	16,2	520								
18	1,2	3,9	2,4	16,5	+0,13 -0,42	26,2	2	1,110	17	h12 +0 -0,21	1,3	1,5	690		
19			2,5	17,5		27,2		1,220	18				725		
20		4	2,6	18,5		28,4		1,300	19				770		
21		4,1	2,7	19,5		29,6		1,420	20				805		
22	4,2	2,8	20,5	30,8	1,600	21	845								
23	4,3	2,9	21,5	32,6	1,680	22	885								
24	4,4	3	22,2	33,2	1,770	22,9	1010								
25	4,5	3,1	23,2	34,2	1,900	23,9	1060								
26	4,6		24,2	35,5	1,960	24,9	1100								
27	4,7		24,9	37	2,700	25,6	1200								
28	4,8	3,2	25,9	37,9	2,920	26,6	1500								
29	4,8	3,4	26,9	39,1	3,200	27,6	1560								
30	5	3,5	27,9	40,5	3,320	28,6	1620								

Figura 28. Selección de anillo de retención para eje de 25 mm.

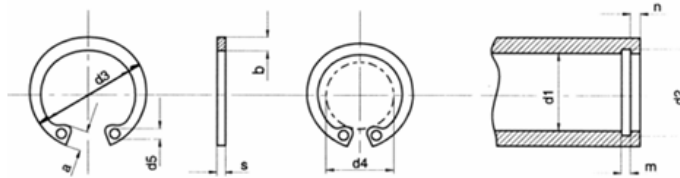


## ANILLO DE SEGURIDAD

PARA AGUJEROS

Tipo: I

DIN 472



DESIGNACION: Para diámetro del agujero 40 mm.

Anillo de seguridad 40 I DIN 472

Med. Nom. d1	ANILLO								RANURA				Fuerza Axial KG. ≤
	s h11	a max.	b ≈	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m H 13	n min.	
39	1,5	5,6	3,8	42	+0,5 -0,25	26,5		3,620	41		1,60	3,5	3560
40	1,75	5,8	3,9	43,5	+0,9 -0,39	27,8	2,5	4,700	42,5	H12 +0,25 -0	1,85	3,8	4050
41		4	44,5	28		4,980		43,5	4150				
42		5,9	4,1	45,5		29,6		5,400	44,5				4250
43		4,2	46,5	29,7		5,470		45,5	4340				
44		6	47,5	31		5,720		46,5	4430				
45		6,2	4,3	48,5		32		6,000	47,5				4520
46		6,3	4,4	49,5		32,2		6,200	48,5				4620
47		6,4	50,5	33,5		6,400		49,5	4720				
48		4,5	51,5	34,6		6,700		50,5	4820				
50		6,5	4,6	54,2		36,3		7,300	53				6070
51	4,7	55,2	36,5	8,510	54	6185							
52	4,7	56,2	37,9	8,200	55	6300							
53	6,7	4,9	57,2	38,5	9,210	56	6415						
54	5	58,2	39	9,710	57	6535							
55	59,2	40,7	8,300	58	6650								
56	6,8	5,1	60,2	41,7	8,700	59	6750						
57	61,2	42,2	9,970	60	8055								
58	6,9	5,2	62,2	43,5	10,500	61	7000						
60	5,4	64,1	44,7	11,100	63	7250							
62	7,3	5,5	66,2	46,7	11,200	65	7480						
63	5,6	67,2	47,7	11,700	66	7580							
65	7,6	5,8	69,2	49	14,300	68	7820						
67	7,7	6	71,5	50	17,500	70	9055						

Figura 29. Selección anillo de retención para rodamiento seleccionado.

### 15.3 Sistema pisador corte radial

La selección del cilindro neumático para este sistema es similar a la del sistema corte vertical, donde se debe tener en cuenta el peso de los compensadores, ejes y de la estructura que va a soportar este sistema.

- Soporte cuchillas = 3,83 Kg
- Numero de compensadores a utilizar 4 (0,1 Kg cada uno) = 0,4 Kg
- Numero de ejes a utilizar 2 (0,12 Kg cada uno) = 0,24 Kg
- Numero de platinas para esponja a utilizar 2 (0,425 cada una) = 0,85 Kg

Para un total de **5,32 Kg**

Teniendo en cuenta el valor de la gravedad, se tiene la siguiente fuerza:

$$8,439 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m*s}^2 = \mathbf{82,70 \text{ N}}$$

Finalmente se selecciona el cilindro neumático de la siguiente manera:

Presión de trabajo de Locería Colombiana: 6 Bar → 87,02 PSI

Fuerza necesaria de retracción de pistón: 82,70 N

$$P = \frac{F}{A}$$

$P = \text{Presion}$

$F = \text{Fuerza}$

$A = \text{Area}$

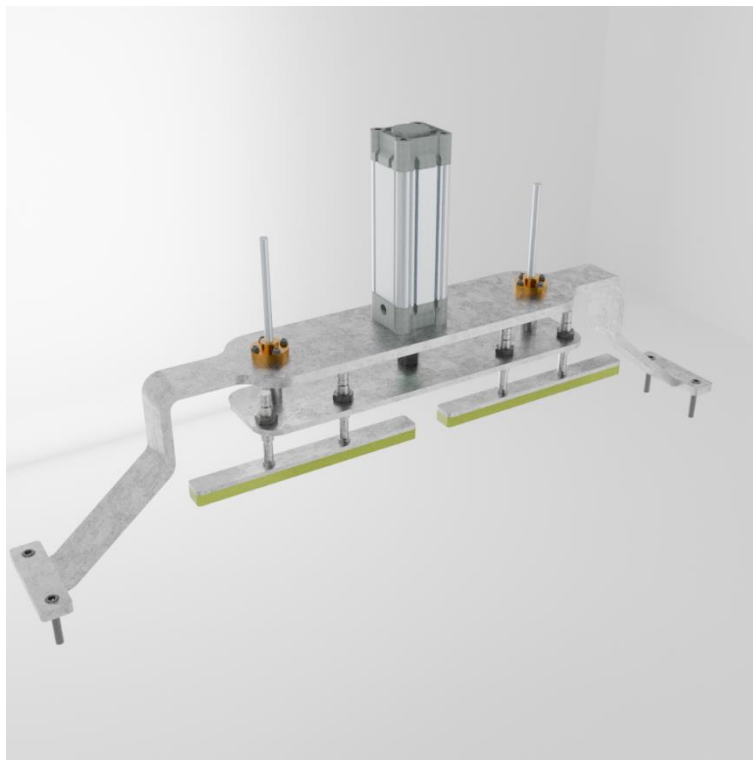
$$A = \frac{F}{P} = \frac{87,02 \text{ N}}{0,6 \text{ PSI} \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)} = 145,03 \text{ mm}^2$$

Con esta área se procede a calcular el diámetro del embolo de la siguiente forma:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4A}{\pi} = 13,59 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{\varnothing 16 \text{ mm}}$$

Se selecciona el cilindro neumático de  $\varnothing 32 \text{ mm}$  marca FESTO por mantenibilidad, al ser uno de los más utilizados en la empresa. Se determina por diseño que la carrera debe ser de **200 mm**, con la finalidad de poder graduar el final de carrera a partir de sensores de final de carrera. El diseño final de este sistema se puede visualizar en la *Figura 30*.



*Figura 30. Sistema pisado corte radial.*

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica a 6 bar, avance	483	754	1178	1870	3016	4712	7363
Fuerza teórica a 6 bar, retroceso	415	633	990	1682	2721	4418	6881
Energía de impacto máx. en las posiciones finales							
DSBC...	0,4 <sup>1)</sup>	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3
DSBC...-L/-U/-T1/-T3/-T4	0,2 <sup>1)</sup>	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25	1,65
DSBC...-L1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9	1,25	1,65

Figura 31. Características cilindro DSBC 32-200.

#### 15.4 Sistema corte radial

Para el diseño de este sistema se parte del diseño actual de las cuchillas (*Figura 32*), pues es el soporte de la cuchilla el encargado de proporcionar el ángulo que deben tener las cuchillas para poder perfilar las orejas.



Figura 32. Cuchilla perfiladora actual.

Para la aplicación de la máquina perfiladora propuesta se replicó tres veces el diseño mostrado anteriormente. Una de las consideraciones que también se tuvo es la de conservar las dimensiones de estas cuchillas, sin embargo, estas se interponen por el espacio que ocupa la estructura, siendo necesario disponer de las cuchillas a 70° como se muestra en la *Figura 33*.

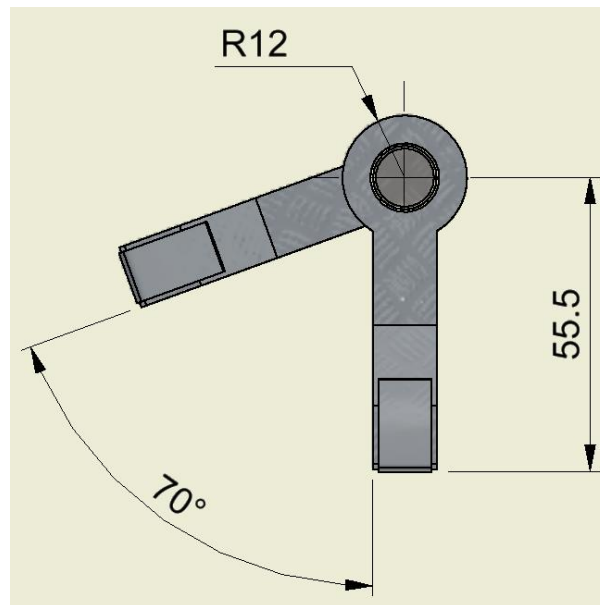


Figura 33. Disposición cuchillas.

Estas cuchillas serán impulsadas por medio de un actuador neumático rotativo, para la selección de este se realizaron los siguientes cálculos:

$$\tau = F \times d$$

$\tau$  = Torque

F = Fuerza

d = Distancia

Donde la fuerza es igual al peso de los componentes que mueve este actuador.

- Eje de 1/2" = 0,66 Kg
- Numero de soportes de cuchilla a utilizar 4 (0,34 Kg cada uno) = 1,36 Kg
- Distancia del centro del eje a la punta de la cuchilla = 0,55 mm  $\longrightarrow$  0,055 m

Total, peso = 2,02 Kg

$$F = 2,02 * 9,8 = 19,796 \text{ N}$$




Siendo así se reemplaza en la fórmula de la siguiente manera:

$$\tau = F \times d$$

$$\tau = 19,796 \times 0,055 = 1,1 \text{ Nm}$$

Para la selección se escoge uno de 5 Nm de la marca FESTO, por mantenibilidad, al ser el más usado en la planta.




•  $\varnothing$  Diámetro  
10 ... 40 mm

•  $\equiv$  Fuerza  
0,5 ... 20 Nm

Variantes

- Con árbol con pivote
- Con eje con brida hueco



Especificaciones técnicas generales						
Diámetro del émbolo	10	12	16	25	32	40
Conexión neumática	M3	M5	M5	M5	G1/8	G1/4
Forma constructiva	Cilindro giratorio con aleta oscilante					
Amortiguación	Sin posibilidad de ajuste en ambos lados					
Detección de posiciones	Eléctrica					
	Neumática					
	Inductiva					
Tipo de fijación	Con taladro pasante					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					
Ángulo de giro máx.	0 ... 181 °			0 ... 184 °		

- Nota: este producto cumple con las normas ISO 1179-1 e ISO 228-1.

Condiciones de funcionamiento y del entorno						
Diámetro del émbolo	10	12	16	25	32	40
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:--]					
Presión de funcionamiento <sup>1)</sup>	2,5 ... 8 [bar]		2 ... 8		1,5 ... 8	
Margen de temperatura <sup>2)</sup>	-10 ... +60 [°C]					

1) Tras un tiempo de reposo de 24 h, la presión de funcionamiento mínima puede haber aumentado hasta 0,5 bar  
2) Tener en cuenta el ámbito de aplicación de los sensores de proximidad

Fuerzas y momentos de giro						
Diámetro del émbolo	10	12	16	25	32	40
Momento de giro a 6 bar	0,5 [Nm]	1	2	5	10	20
Frecuencia máx. de giro <sup>1)</sup>	3 [Hz]					
Carga radial máx. admisible <sup>2)</sup>	30 [N]	45	75	120	200	350
Carga axial máx. admisible <sup>2)</sup>	10 [N]	18	30	50	75	120
Momento de inercia máx. admisible <sup>2)</sup>	Gráficos → página 8					

Figura 34. Características actuador giratorio DSR-25-180.

Finalmente, se selecciona un acople rígido de la marca RULAND (Figura 35), para unir el eje con el actuador giratorio y proporcionar el movimiento requerido. Para la selección de este se tuvo en cuenta el diámetro del eje (1/2") y el diámetro del eje de salida del actuador giratorio (12 mm). El diseño del sistema de corte radial se puede apreciar en la Figura 10.

**DIMENSIONS**

Agujero (B1)	12 mm
Chavetero (K1)	4 mm
Penetración del eje máximo (B1)	22,5 mm
Diámetro exterior OD	29 mm
Longitud L	45 mm
Tolerancia del eje recomendada	+0,000 mm / -0,013 mm

Agujero (B2)	12 mm
Chavetero (K2)	4 mm
Penetración del eje máximo (B2)	22,5 mm
Tolerancia del agujero	+0,050 mm / +0,012 mm
Máximo espacio requerido C MAX	33,0 mm

**FASTENING HARDWARE**

Tornillo de abrazadera forjado	M4
Tamaño de la llave hexagonal	3,0 mm
Par de apriete	4,6 Nm
Número de tornillos	4 cada

Material del tornillo	Acero aleado con Nypatch
Acabado de los tornillos	Black Oxide
Ubicación del tornillo R	10,6 mm

**PERFORMANCE SPECIFICATIONS**

Par recomendado	105 Nm
Velocidad máxima	4.000 RPM
¿Reviribimiento Nypatch® antivibratorio en los tornillos?	Sí
¿Juego cero?	Sí

Momento de inercia	$2.191 \times 10^{-6} \text{ kg-m}^2$
Bearing Support Required	No
Honed Bores	Sí

Figura 35. Acople rígido MCLC-12-12-F seleccionado.

## 15.5 Diseño de estructura

Para el diseño de la estructura se tuvieron en cuenta varios factores:

- **Material:** Para el material de la estructura se seleccionó en acero estructural ASTM A36, pues es uno de los más comunes para este tipo de aplicaciones.
- **Tamaño:** Se diseño una estructura optimizada al máximo, pues de ocupar el menor espacio posible es más fácil de ubicación en el área de trabajo.
- **Durabilidad:** Con la finalidad de proteger la estructura de posibles daños causados por la humedad se decide aplicar una capa de pintura anticorrosiva tipo epoxica, con espesor de 50  $\mu\text{m}$ .
- **Resistencia:** Se realizo análisis finito a la estructura utilizando el programa Autodesk Inventor, con la finalidad de asegurar la resistencia de la estructura ante cargas estáticas y dinámicas.

### 15.5.1 Análisis estructural

Para este análisis se tuvo en cuenta las propiedades físicas del acero, definidas en el programa Autodesk Inventor, y por el peso brindado por los fabricantes de cada componente neumático, eléctrico y mecánico que soporta la estructura llegando a lo siguiente.

Tabla 30. Masa necesaria para el análisis estructural.

Elemento	Peso en kg	Fuerza en N
Estructura frontal de protección	10	98
Estructuras laterales de protección	12	118
Estructura posterior de protección	11	108
Sistema corte vertical	27	265
Sistema pisado corte radial	19	186
Sistema corte radial	6	59
Sistema apertura de orejas	22	216

Aplicando las diferentes cargas a la estructura se llegaron a los siguientes resultados:

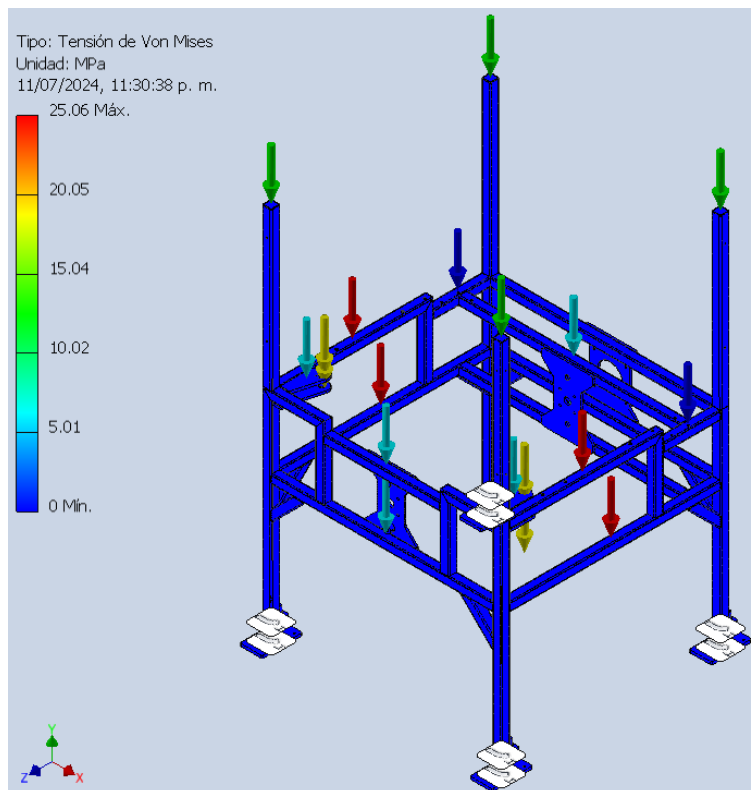
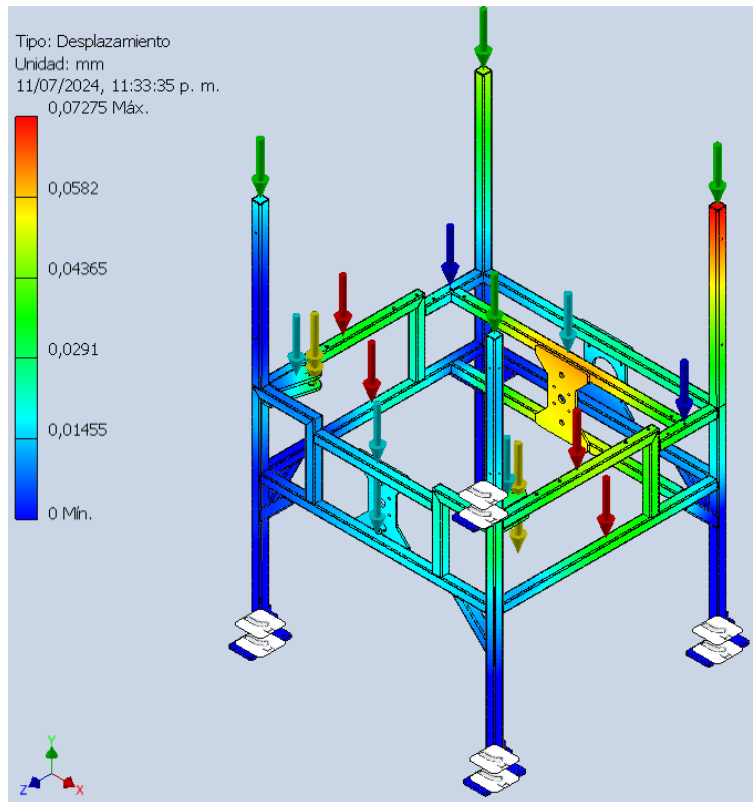


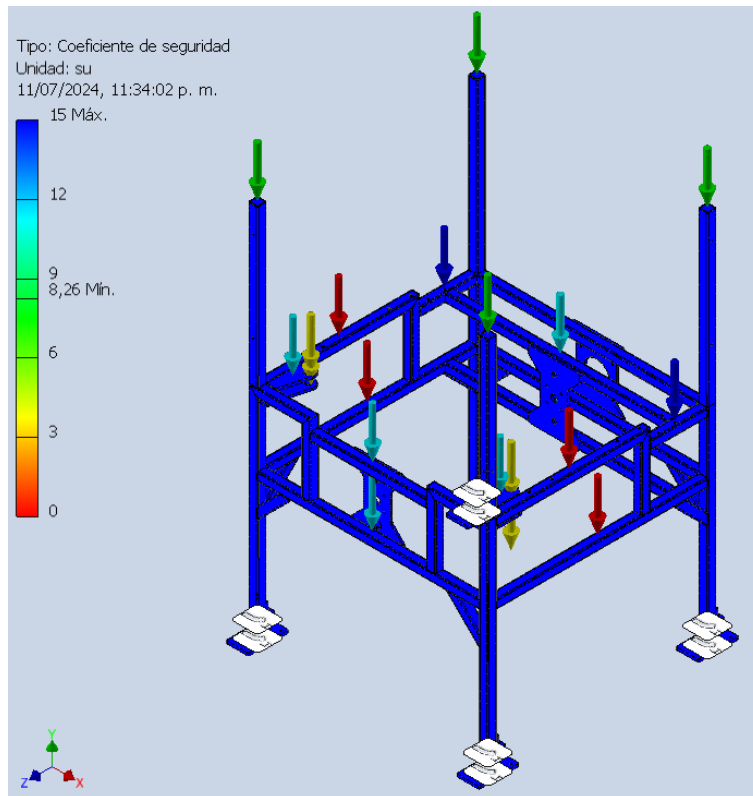
Figura 36. Análisis de tensión de Von Mises.

En la *Figura 36*, se puede visualizar el resultado del análisis de tensión, donde la estructura está sometida a un esfuerzo máximo de 25,06 Mpa, estando muy por debajo del límite elástico que soporta el acero estructural ASTM A36 (250 Mpa aprox.)



*Figura 37. Desplazamiento en mm.*

En la *Figura 37*, se puede analizar el desplazamiento máximo que presenta la estructura, siendo de 0,07275 mm; valor que no supera el límite elástico presentado en el análisis de tensión.



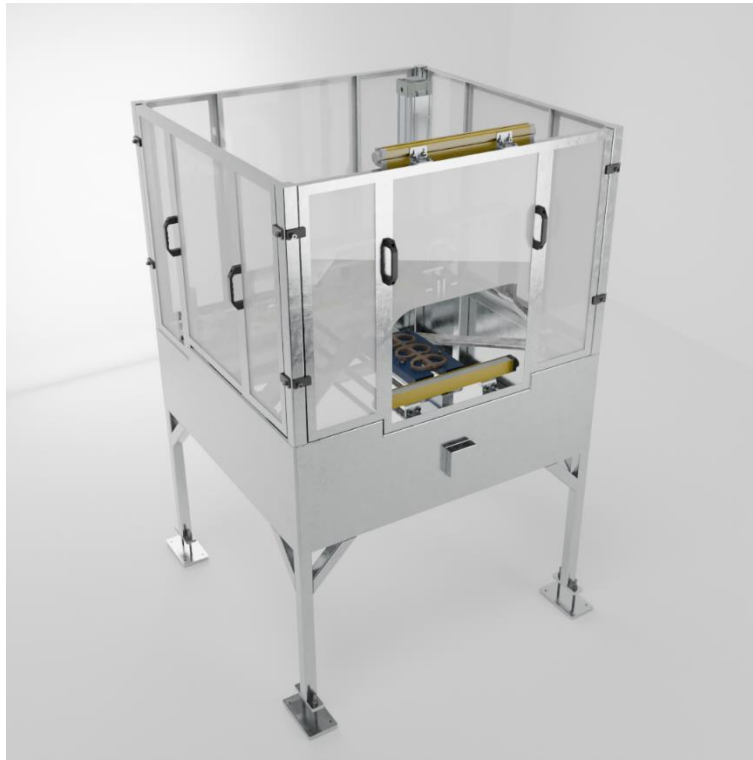
*Figura 38. Coeficiente de seguridad.*

En la *Figura 38*, se puede evidenciar el coeficiente de seguridad que presenta la máquina, siendo de 8,26; estando por encima del recomendado para estructuras que no presentan un peligro para las personas (factor de seguridad de 3), no obstante, existe la posibilidad de que se presenten situaciones ajenas al funcionamiento normal de la máquina, como lo es un impacto con montacargas, apoyo de personal, entre otros. Es por esto por lo que es indispensable trabajar por encima del coeficiente de seguridad recomendado.

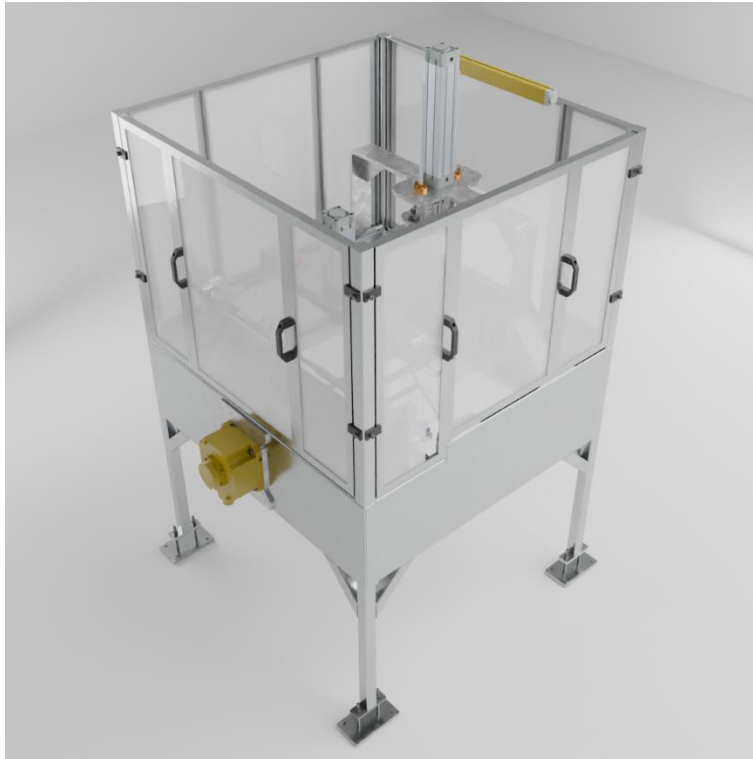
### **16 Diseño final**

Después de seleccionar los componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos más adecuados para el sistema, se llegó al diseño final, el cual cuenta con estructuras de protección laterales y frontales que restringen el acceso a la máquina cuando esta se encuentre en funcionamiento, también se implementó un sensor tipo cortina, que estará programado de tal forma de que en el momento en el que la máquina est en funcionamiento y se ingrese algún objeto por accidente, la máquina se detenga inmediatamente. Además, cuenta con tapas laterales que protegen

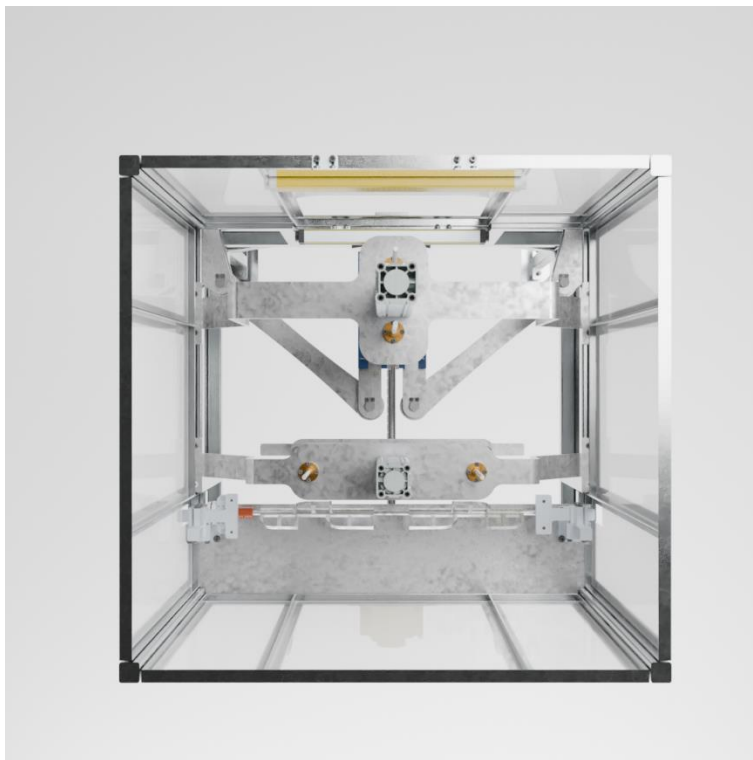
en cierto modo el ingreso de material particulado al sistema, que podría reducir la vida útil de los componentes.



*Figura 39. Vista isométrica máquina perfiladora de orejas.*



*Figura 40. Vista isométrica trasera máquina perfiladora de orejas.*



*Figura 41. Vista superior máquina perfiladora de orejas.*

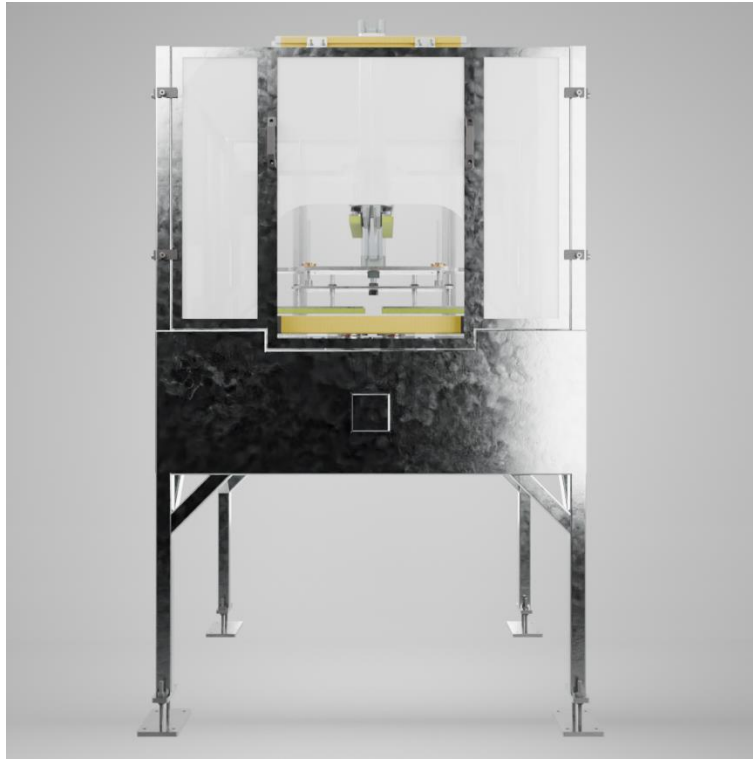


Figura 42. Vista frontal máquina perfiladora de orejas.

### 16 Cálculos de producción

Para los cálculos de producción se parte de los datos de producción proporcionados por la empresa, con la finalidad de aproximar significativamente los cálculos. Es importante tener en cuenta los tiempos no aprovechados en cuanto a operación, teniendo así los siguientes datos:

Tabla 31. Tiempos no aprovechados.

Tiempos de descanso estándar por operario	Comida (minutos)	Descanso 1 (minutos)	Descanso 2 (minutos)
	30	10	10
Pérdida de tiempo por turno	Cambio de referencia (minutos)	Tiempo muerto (minutos)	Porcentaje
	20	10	6,25%

A partir de la *tabla 31*, se determina que el tiempo efectivo de trabajo es de 400 minutos por turno, sumado a esto se cuenta con un 2% de piezas perdidas (promesa acordada con el cliente). Seguidamente, se plantean 4 combinaciones de trabajo, y se analiza como varía la producción en cuanto a estas.



### 16.1 Proceso con un operario (Opción #1)

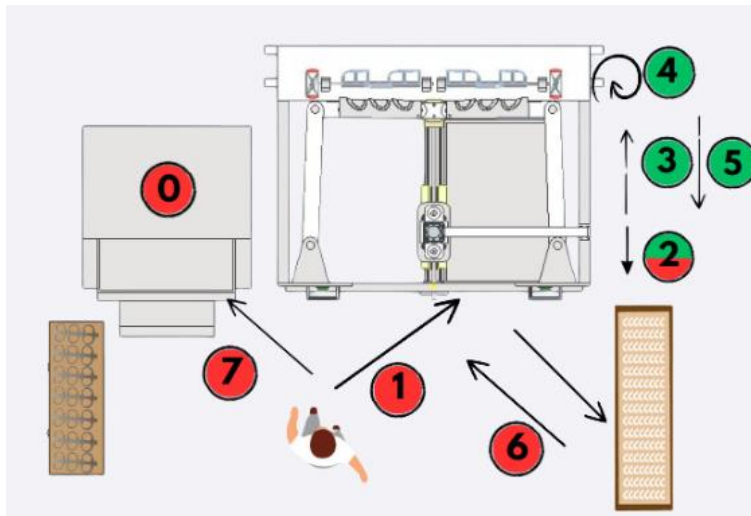


Figura 43. Opción #1.

En este proceso, un operario será el encargado realizar todas las funciones. Realizando las siguientes operaciones:

1. En la operación 0, el operario lleva la espiga a la pulidora para eliminar la rebaba.
2. En la operación 1, el operario ingresa la espiga a la máquina y acciona los dos pulsadores para que el ciclo empiece.
3. En la operación 2, la máquina realiza el primer corte vertical, en la cual elimina el vástago de las orejas.
4. En la operación 3, la máquina realiza la apertura de las orejas, llevando el sistema hasta el otro lado de la máquina.
5. En la operación 4, la máquina realiza el pisado de las orejas y el perfilado de las orejas simultáneamente, con la finalidad de no perder tiempo de operación.
6. En la operación 5, la máquina retorna a su posición inicial.
7. En la operación 6, el operario retira las orejas perfiladas del molde y las ubica en la parte derecha del área de trabajo.
8. En la operación 7, el operario nuevamente lleva una espiga a la pulidora.

Una vez claras las funciones que desempeña el operario en esta opción, se realiza una ruta crítica, donde se asigna un tiempo estimado para cada paso, con la finalidad de aproximar el tiempo que tarda la máquina en realizar un ciclo completo, de este modo, se tiene el siguiente resultado:

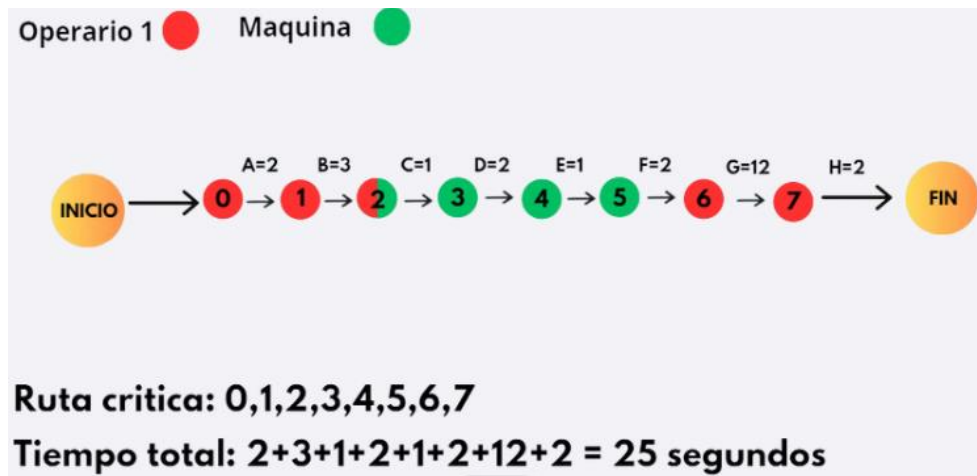


Figura 44. Ruta crítica opción #1.

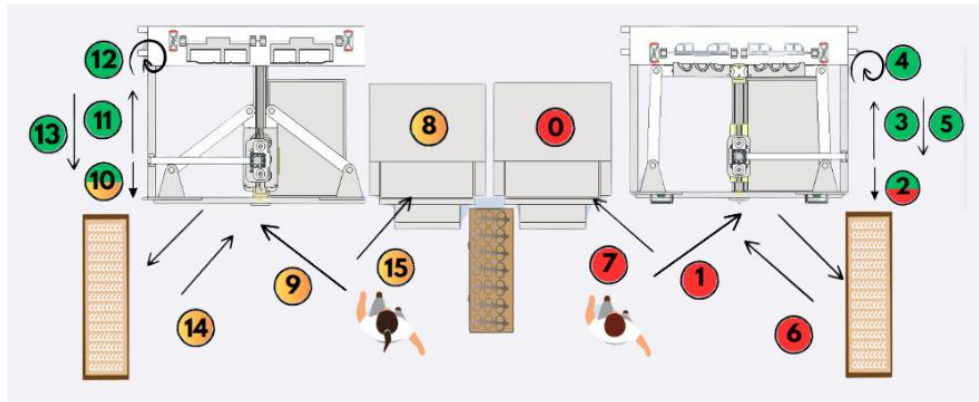
A partir de esta ruta crítica, y del tiempo que tardaría la máquina en realizar un ciclo completo, se puede definir la producción que se obtendría trabajando con la **opción #1**, teniendo un total de **16934** piezas al día, valor al cual se le resta las pérdidas como se muestra en la *tabla 32*.

Tabla 32. Producción opción #1.

Operarios	Tiempo de ciclo	Tiempo para producir una pieza	Piezas por minuto	Tiempo de trabajo (minutos)	Piezas por turno	Producción día
1	25	4,17	14,40	400	5760	17280
Producción día con pérdidas (2%)						
<b>16934</b>						

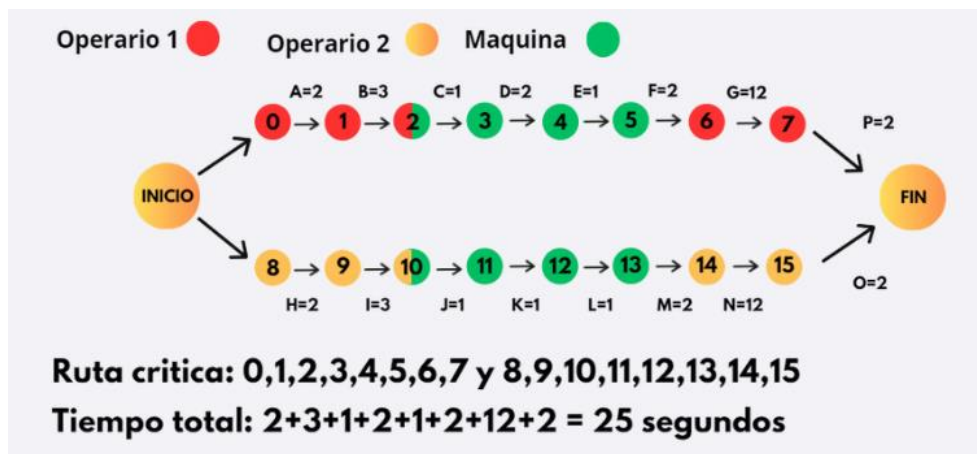
### 16.2 Proceso con dos operarios (Opción #2)

En esta combinación se cuenta con dos operadores, dos máquinas perfiladoras de orejas y dos pulidoras como se muestra en la *Figura 45*.



*Figura 45. Opción #2.*

Los operarios realizarían las operaciones mencionadas en la opción #1, trabajando simultáneamente, llegando así a la ruta crítica que se muestra en la *Figura 46*.



*Figura 46. Ruta crítica opción #2.*

Si bien, el tiempo del ciclo se conserva, el aumento de producción se refleja por el aumento del número de operarios y de máquinas, llegando a un total de **33869** piezas, como se puede evidenciar en la *tabla 33*.

Tabla 33. Producción opción #3.

Operarios	Tiempo de ciclo	Tiempo para producir una pieza	Piezas por minuto	Tiempo de trabajo (minutos)	Piezas por turno	Producción día
2	25	2,083	28,8	400	11520	34560
Producción día con pérdidas (2%)						
33869						

### 16.3 Proceso con tres operarios (Opción #3)

En esta combinación se cuenta con tres operarios, dos pulidoras y dos máquinas perfiladoras como se muestra en la *Figura 47*.

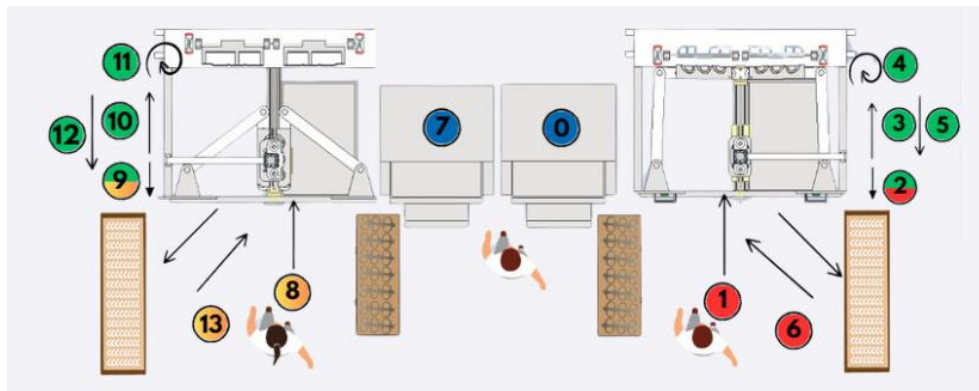


Figura 47. Opción #3.

En esta opción, la persona encargada de pulir tendrá ventaja respecto a las personas encargadas de operar la máquina, esto debido a que el proceso de pulido dura dos segundos, mientras que el de la operación de la máquina 21 segundos. Es por esto por lo que no se asignan valores a la ruta crítica, obteniendo así la siguiente ruta crítica:

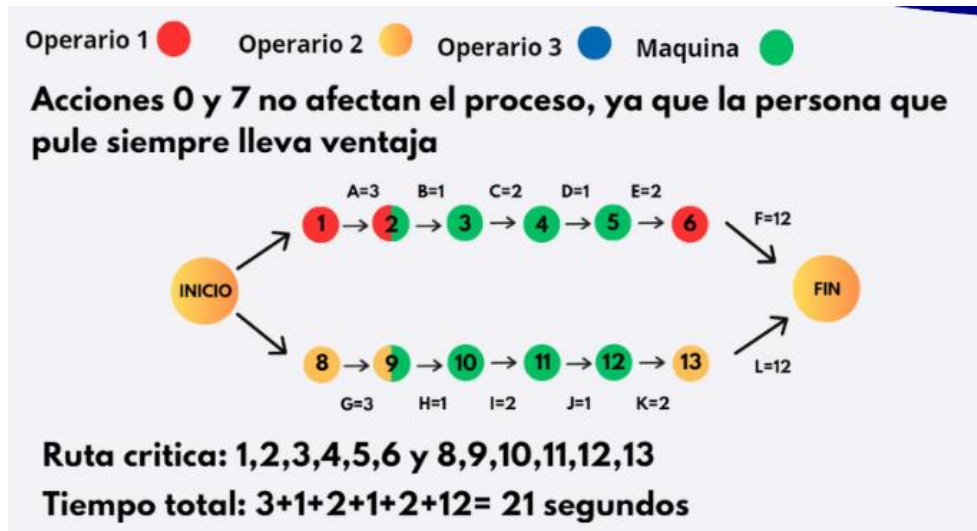


Figura 48. Ruta crítica opción #3.

El tiempo del ciclo de la máquina se reduce a 21 segundos, pues los operarios que operan las máquinas ya no tendrán que pulir las espigas, teniendo un aumento en la producción hasta **40320** piezas, como se muestra en la *tabla 34*.

Tabla 34. Producción opción #3.

Operarios	Tiempo de ciclo	Tiempo para producir una pieza	Piezas por minuto	Tiempo de trabajo (minutos)	Piezas por turno	Producción día
3	21	1,75	34,28	400	13714,28	41142,9
Producción día con pérdidas (2%)						40320

#### 16.4 Proceso con tres operarios y un reemplazo (Opción #4)

Este proceso cuenta con 3 operadores y 1 reemplazo, este reemplazo se encargará de tomar la posición de la persona que se ausente es sus tiempos de alimentación y de descanso, teniendo así un tiempo efectivo de 480 minutos de las máquinas. El número de máquinas pulidoras y perfiladoras se conservan, como se muestra en la *Figura 49*.

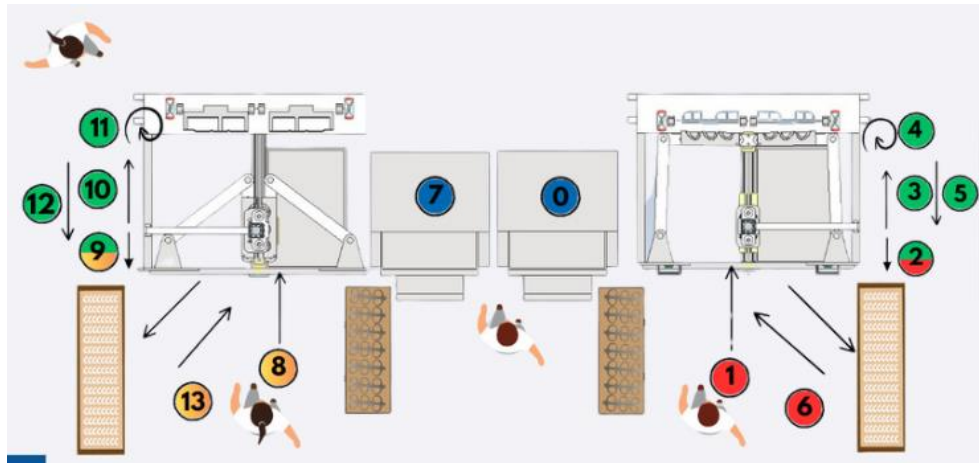


Figura 49. Opción #4.

En esta opción, el tiempo de un ciclo se conserva, esto debido a que las funciones realizadas por los operadores es la misma, de esta manera la ruta crítica de la opción #4, es la misma de la opción #3 que se muestra en la *Figura 48*. El aumento en la producción depende directamente del tiempo de operación de la máquina, pues con el reemplazo, el tiempo efectivo es de 480 minutos, teniendo así la siguiente producción.

Tabla 35. Producción opción #4.

Operarios	Tiempo de ciclo	Tiempo para producir una pieza	Piezas por minuto	Tiempo de trabajo (minutos)	Piezas por turno	Producción día
4 (1 reemplazo)	21	1,75	34,28	480	16457,14	49371,42
Producción día con pérdidas (2%)						
48384						

### 16.5 Análisis de producción

Una vez calculada la producción esperada para cada combinación, se realiza una comparación con los datos proporcionados por la empresa de la siguiente forma:

Tabla 36. Producción total vs demanda máxima.

Cantidad de personal	Produccion semanal	Turnos trabajados	Turnos de descanso	Turnos de mantenimiento (se hace en cualquiera de los turnos de descanso)	produccion mes de 30 dias con 4 domingos	produccion mes de 30 dias con 5 domingos	produccion mes de 31 dias con 5 domingos
opcion 1 ( 6 operarios)	555428,5714	18	3	1	2403154,286	2312434,286	2403154,286
opcion 2 ( 6 operarios)	503357,1429	18	3	1	2177858,571	2095643,571	2177858,571
2 operario	203212,8	18	3	1	880588,8	846720	880588,8
4 operarios	406425,6	18	3	1	1761177,6	1693440	1761177,6
6 operarios	483840	18	3	1	2096640	2016000	2096640
7 operarios ( 1 reemplazo)	580608	18	3	1	2515968	2419200	2515968

produccion mes de 31 dias con 4 domingos	produccion mes de 29 dias con 4 domingos	produccion mes de 29 dias con 5 domingos	produccion mes de 28 dias con 4
2493874,286	2312434,286	2221714,286	2221714,286
2260073,571	2095643,571	2013428,571	2013428,571
914457,6	846720	812851,2	812851,2
1828915,2	1693440	1625702,4	1625702,4
2177280	2016000	1935360	1935360
2612736	2419200	2322432	2322432

En la *tabla 36*, se compara la producción total calculada, con la demanda máxima en pocillos, esta demanda abarca el área de **celdas**, que es el área al cual se le realizo el análisis completo y el área de **automática de pocillos**, donde los datos obtenidos son los proporcionados por el área de producción. Para cumplir con la demanda total de estas dos áreas es necesario implementar dos combinaciones, una para celdas y otra para pocillos, es por esto por lo que en la *tabla 36*, la cantidad de operarios en cada combinación se duplica a la calculada anteriormente. En la *tabla 36*, se puede evidenciar que las filas de color verde son las combinaciones que cumplen con la demanda máxima de la empresa, y la de color rojo, la que no.

A continuación, se compara la producción total calculada con la capacidad máxima de las máquinas, teniendo lo siguiente:

Tabla 37. Producción total vs capacidad máxima.

Cantidad de operarios	Produccion semanal	Turnos trabajados	Turnos de descanso	Turnos de mantenimiento (se hace en cualquiera de los turnos de descanso)	produccion mes de 30 dias con 4 domingos	produccion mes de 30 dias con 5 domingos	produccion mes de 31 dias con 5 domingos
opcion 1 ( 6 operarios)	555428,5714	18	3	1	2403154,286	2312434,286	2403154,286
opcion 2 ( 6 operarios)	503357,1429	18	3	1	2177858,571	2095643,571	2177858,571
2 operario	203212,8	18	3	1	880588,8	846720	880588,8
4 operarios	406425,6	18	3	1	1761177,6	1693440	1761177,6
6 operarios	483840	18	3	1	2096640	2016000	2096640
7 operarios ( 1 reemplazo)	580608	18	3	1	2515968	2419200	2515968

produccion mes de 31 dias con 4 domingos	produccion mes de 29 dias con 4 domingos	produccion mes de 29 dias con 5 domingos	produccion mes de 28 dias con 4
2493874,286	2312434,286	2221714,286	2221714,286
2260073,571	2095643,571	2013428,571	2013428,571
914457,6	846720	812851,2	812851,2
1828915,2	1693440	1625702,4	1625702,4
2177280	2016000	1935360	1935360
2612736	2419200	2322432	2322432

En la *tabla 37*, se presentan los datos similarmente a los de la *tabla 36*, donde las opciones de color verde cumplen con la capacidad máxima, las de color amarillo cumplen de manera ajustada y las de color rojo no cumplen. Estas diferentes combinaciones fueron presentadas al cliente (corona), con la finalidad de evidenciar la practicidad que podría tener la implementación de esta máquina en el área.

## 17 Presupuesto

Para el presupuesto se realizaron todos los planos correspondientes de la máquina, para posteriormente ser enviados al área de compras, donde el proyecto entra en licitación por diferentes empresas inscritas en corona, llegando a tener dos ofertas por parte de la **empresa Incymec compañía metalmecánica y PPC S.A.S**, siendo más económica la cotización de la empresa Incymec, que es la que se presenta a continuación:

*Tabla 38. Cotización presentada por Incymec.*

ITEM	DESCRIPCION ITEM	VALOR TOTAL
1	SUMINISTRO SISTEMA NEUMATICO	\$ 9.393.741
2	INSTALACION SISTEMA NEUMATICO	\$ 2.000.000
3	SUMINISTRO E INSTALACION SERVOMOTOR (Incluye Kit Tornillo)	\$ 16.550.952
4	SUMINISTRO E INSTALACION ESTRUCTURA MAQUINA	\$ 22.870.000
5	SUMINISTRO E INSTALACION RED ELECTRICA	\$ 3.000.000
6	SUMINISTRO E INSTALACION CONTROL AUTOMATIZADO	\$ 2.000.000
7	SENSOR TIPO CORTINA	\$ 3.519.901
	<b>TOTAL MAQUINA CON IVA</b>	<b>\$ 59.334.595</b>
	<b>TOTAL PROYECTO CON IVA</b>	<b>\$ 237.338.379</b>
	<b>IMPREVISTOS (10%)</b>	<b>\$ 23.733.838</b>
	<b>TOTAL PROYECTO CON IMPREVISTOS</b>	<b>\$ 261.072.216</b>

Teniendo un valor de \$ **59.334.595** para una máquina y \$ **261.072.216** para la totalidad del proyecto.



## 17.1 Análisis retorno inversión

Para este análisis, es indispensable conocer el pago de nómina actual de los operarios en esta área, es por eso por lo que, por medio del área de cartera de la empresa, se obtuvo los siguientes valores.

### DESGLOSE DE NOMINA

Total ingreso promedio mensual: \$2.244.740 (NIVEL G5)
IBC parafiscales - IBC seguridad social: \$2.244.740
Salud obligatoria: \$190.803
Pensión obligatoria: \$269.369
ARL (Administradora de Riesgos Laborales): \$97.646 *RIESGO NIVEL 4*
Caja de compensación familiar: \$89.790
SENA + ICBF 0
Subsidio de transporte: \$162.000
Vacaciones \$93.531
Prima de servicios: \$200.562
Cesantías: \$200.562
Intereses de cesantías: \$24.067
<b>COSTO MENSUAL REAL: \$3.573.069</b>

Figura 50. Nomina operadores área de celdas y automática de pocillos.

Una vez conocido el valor real del pago de cada operario en esta área, se procede a hacer el cálculo del retorno – inversión.

Tabla 39. Retorno inversión.

Trabajadores por día	trabajadores totales diarios	Trabajadores por turno necesarios aplicando el proyecto	Trabajadores diarios necesarios aplicando el	Costo de nomina total por trabajador	Costo nomina mensual total antes proyecto	Costo nomina mensual total aplicando proyecto	Ahorro mensual	Ahorro anual
21	36	7	21	\$ 3.573.069,00	\$ 128.630.484,00	\$ 75.034.449,00	\$ 53.596.035,00	\$ 643.152.420,00
18	36	6	18	\$ 3.573.069,00	\$ 128.630.484,00	\$ 64.315.242,00	\$ 64.315.242,00	\$ 771.782.904,00
12	36	4	12	\$ 3.573.069,00	\$ 128.630.484,00	\$ 42.876.828,00	\$ 85.753.656,00	\$ 1.029.043.872,00
6	36	2	6	\$ 3.573.069,00	\$ 128.630.484,00	\$ 21.438.414,00	\$ 107.192.070,00	\$ 1.286.304.840,00

Trabajadores por día	Observaciones
21	Cumple con la demanda y capacidad, 1 persona, haciendo el reemplazo
18	Cumple con la demanda y capacidad
12	No cumple con la capacidad, pero sí cumple con la demanda
6	No cumple con la demanda, ni con la capacidad

En la tabla 39, se muestra el ahorro dependiendo de la cantidad de operarios (combinación), y si esta cumple con la capacidad y demanda. Donde la mejor opción es la de trabajar con 21 y 18 operarios.

Tabla 40. Retorno inversión 12 meses.

Mes	0	1	2	3	4	5	6
Inversión	-\$ 247.030.054	-\$ 247.030.054	-\$ 193.434.019	-\$ 139.837.984	-\$ 86.241.949	-\$ 32.645.914	-\$ 20.950.121
Ahorro nomina proceso con 21 trabajadores	0	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035
Total mes	-\$ 247.030.054	-\$ 193.434.019	-\$ 139.837.984	-\$ 86.241.949	-\$ 32.645.914	-\$ 20.950.121	-\$ 74.546.156
Inversión	-\$ 247.030.054	-\$ 247.030.054	-\$ 182.714.812	-\$ 118.399.570	-\$ 54.084.328	-\$ 10.230.914	-\$ 74.546.156
Ahorro nomina proceso con 18 trabajadores	0	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242
Total mes	-\$ 247.030.054	-\$ 182.714.812	-\$ 118.399.570	-\$ 54.084.328	-\$ 10.230.914	-\$ 74.546.156	-\$ 138.861.398
Inversión	-\$ 247.030.054	-\$ 247.030.054	-\$ 161.276.398	-\$ 75.522.742	-\$ 10.230.914	-\$ 95.984.570	-\$ 181.738.226
Ahorro nomina proceso con 12 trabajadores	0	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656
Total mes	-\$ 247.030.054	-\$ 161.276.398	-\$ 75.522.742	\$ 10.230.914	\$ 95.984.570	\$ 181.738.226	\$ 267.491.882

7	8	9	10	11	12
\$ 74.546.156	\$ 128.142.191	\$ 181.738.226	\$ 235.334.261	\$ 288.930.296	\$ 342.526.331
\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035	\$ 53.596.035
\$ 128.142.191	\$ 181.738.226	\$ 235.334.261	\$ 288.930.296	\$ 342.526.331	\$ 396.122.366
\$ 138.861.398	\$ 203.176.640	\$ 267.491.882	\$ 331.807.124	\$ 396.122.366	\$ 460.437.608
\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242	\$ 64.315.242
\$ 203.176.640	\$ 267.491.882	\$ 331.807.124	\$ 396.122.366	\$ 460.437.608	\$ 524.752.850
\$ 267.491.882	\$ 353.245.538	\$ 438.999.194	\$ 524.752.850	\$ 610.506.506	\$ 696.260.162
\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656	\$ 85.753.656
\$ 353.245.538	\$ 438.999.194	\$ 524.752.850	\$ 610.506.506	\$ 696.260.162	\$ 782.013.818

En la *tabla 40*, se presenta las tres mejores opciones para la implementación del proyecto, donde se hace una proyección de en cuanto tiempo la máquina pagara su inversión, siendo mucho más pronto para la opción de 12 trabajadores en un tiempo de 3 meses y la más alejada la de 21 trabajadores con un tiempo de 5 meses.

## 18 Conclusiones

- El proyecto es viable en cuanto a implementación, producción, calidad, seguridad, operabilidad e inversión. Además, los componentes seleccionados son los que actualmente se utilizan en corona, siendo mucho más fácil su implementación y mantenimiento.
- El retorno de la inversión se daría entre tres meses trabajando 18 operarios y 5 meses trabajando 21 operarios, esto dependiendo de la demanda de pocillos que tenga corona en ese momento.
- En la implementación se deben tener en cuenta los puntos críticos que establecerán el éxito del proyecto, en este caso, el diseño de la base donde reposarán las orejas, la cuchilla de corte lineal y la cuchilla de corte radial.
- En cuanto a producción, la opción #1 (seis operarios), es la más adecuada para la implementación del proceso, ya que cumple con la demanda, capacidad máxima, tendría un retorno de la inversión de tan solo cuatro meses y se aprovecharía todo el tiempo del turno.

- El proyecto es viable en cuanto al desarrollo tecnológico que se vive en estos últimos años, donde la automatización es parte fundamental para el crecimiento de las empresas del área de manufactura.
- El sistema de apertura de orejas es parte fundamental en la máquina debido a que se debe garantizar la precisión en la posición inicial y la posición final.

### **18 Referencias bibliográficas**

- [1] Chiti, G. (1994). Ceramic Art. University Press of New England.
- [2] Sentance, B. (2005). The Ceramics Bible: The Complete Guide to Materials and Techniques. Chronicle Books.
- [3] Dezembro, J. (2013). "Historia de la cerámica en Colombia". Revista de Arqueología Americana.
- [4] M, Olga. (2019). La industria cerámica: el reto de embellecer los espacios.
- [5] R. K. Shah and D. P. Sekulic, Fundamentals of heat exchanger design. United States of America: John Wiley & Sons, 2003.
- [6] B, Julieth. (2020). Metodologías para el desarrollo de proyectos.
- [7] S, Cynthia. (2013). A USER'S MANUAL TO THE PMBOK GUIDE.
- [8] P, Jaimes. (2020). Esfuerzos de preconsolidación y su importancia en la determinación del coeficiente lateral de presión de tierras en reposo ( $K_0$ ) en suelos arcillosos sedimentarios.
- [9] J, Abraham. (2022). Modelo para calcular el coeficiente de fricción estático y dinámico de materiales.

### **19 Anexos**

A continuación, se presenta el plano del ensamble general de la máquina perfiladora para orejas de pocillos para Locería Colombiana.

