

# **REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL MOLINO SCORTUM 300 PARA INNOVACIONES ACTUM S.A.S.**

**SANTIAGO ALBERTO RIOS TORRES**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Juan Pablo Garnica Castaño  
Ingeniero Electrónico  
Director de Operaciones**



**UNIVERSIDAD EIA  
INNOVACIONES ACTUM S.A.S.  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2018**

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	8
1. PRELIMINARES.....	9
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES .....	9
1.2 Objetivos del proyecto .....	10
1.2.1 Objetivo General.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
1.3 Marco de referencia.....	11
2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA .....	13
3. CAPITULO 1: PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PRODUCTO ESTUDIADO 14	
4. CAPITULO 2: DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	16
5. CAPITULO 3: ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	21
6. CAPITULO 4: PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN MICROSOFT PROJECT 38	
7. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS.....	61
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS .....	64
ANEXOS .....	66

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Antecedentes .....	10
Tabla 2. Productos, Resultados y Entregables .....	62

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Molino Scortum 300.....	14
Figura 2. Árbol de problemas.....	17
Figura 3. Árbol de objetivos .....	19
Figura 4. Estructura .....	21
Figura 5. Extracción.....	22
Figura 6. Molienda .....	23
Figura 7. Ciclón .....	24
Figura 8. Ductería .....	25
Figura 9. Gabinete .....	26
Figura 10. Gráfica de ensamble Molino Scortum 300 .....	27
Figura 11. Gráfica de ensamble Extracción .....	27
Figura 12. Gráfica de ensamble Molienda .....	28
Figura 13. Gráfica de ensamble Ciclón .....	28
Figura 14. Diagrama de flujo general .....	29
Figura 15. Brillado inicial.....	29
Figura 16. Punteado .....	30
Figura 17. Soldado .....	30
Figura 18. Pulido.....	30
Figura 19. Corte.....	30

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 20. Doblado .....	31
Figura 21. Mecanizado .....	31
Figura 22. Diagrama de ensamble actual .....	33
Figura 23. Diagrama de flujo actual .....	35
Figura 24. Lista de parámetros .....	36
Figura 25. Parámetros .....	37
Figura 26. Diagrama de ensamble rediseñado .....	39
Figura 27. Diagrama de red Molino Scortum 300.....	41
Figura 28. Diagrama de red Estructura .....	42
Figura 29. Diagrama de red Extracción.....	43
Figura 30. Diagrama de red Molienda.....	44
Figura 31. Diagrama de red Ciclón .....	45
Figura 32. Diagrama de red Ductería.....	46
Figura 33. Diagrama de red Gabinete.....	47
Figura 34. Diagrama de red con niveles Molino Scortum 300 .....	49
Figura 35. Diagrama de red con niveles Estrcutura .....	50
Figura 36. Diagrama de red con niveles Extracción .....	51
Figura 37. Diagrama de red con niveles Molienda .....	52
Figura 38. Diagrama de red con niveles Ciclón.....	53
Figura 39. Diagrama de red con niveles Ductería .....	54
Figura 40. Diagrama de red con niveles Gabinete .....	55

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## RESUMEN

El presente trabajo aborda las dificultades productivas que afronta actualmente una empresa metalmecánica dedicada a la fabricación de equipos, cuyas falencias operativas son consecuencia del mal diseño del proceso productivo. En específico, se estudió el proceso de elaboración del Molino Scortum 300 de la compañía Innovaciones Actum S.A.S., el cual fue revisado bajo la siguiente metodología: En primer lugar, se utilizó la herramienta de diagnóstico Arbol de problemas y Arbol de objetivos para determinar el problema principal a tratar y establecer los objetivos a alcanzar para revertir dichas dificultades. Posteriormente, como desarrollo de los objetivos propuestos, se estandarizó el proceso productivo mediante una tabla de operaciones y la estimación de tiempos de elaboración a través de datos estándares. Por último, se propuso un método de programación de la producción utilizando el software Microsoft Project.

Palabras clave: diagnostico, rediseño, estandarización, programación.

## **ABSTRACT**

This thesis addresses the productive difficulties that currently facing a metal-mechanical company dedicated to the manufacture of equipment, whose operational shortcomings are a consequence of the poor design of the production process. Specifically, it was studied the elaboration process of the Scortum 300 mill that is property of Innovaciones Actum S.A.S., which was reviewed using the following methodology: First, the diagnostic tool problem tree and objective tree was used to determine the main problem to deal with and establish the objectives to achieve to revert these difficulties. Subsequently, as a development of the proposed objectives, the production process was standardized by means of a table of operations and the estimation of processing times through standard data. Finally, a scheduling method using Microsoft Project software was proposed.

Keywords: diagnostic, redesign, standardization, scheduling.

## **INTRODUCCIÓN.**

Dado el crecimiento que ha tenido la compañía durante los últimos años, y la baja gestión de las operaciones, cada vez son más notorias las deficiencias en términos de orden, utilización y eficiencia al interior de la planta. El incremento en la cantidad de pedidos y por ende el aumento de productos en proceso, ha elevado radicalmente la complejidad del proceso de asignación de tareas, volviendo obsoleto el procedimiento de asignación utilizado tradicionalmente, el cual se basa únicamente en la experiencia y prioriza la facilidad de los ensambles.

Por lo anterior, y en aras de incrementar la productividad y la rentabilidad de la empresa, se requiere rediseñar el proceso productivo del Molino Scortum 300.

El trabajo se desarrollará en cuatro capítulos, definidos así:

Capítulo 1: Presentación de la empresa y del producto estudiado.

Capítulo 2: Diagnostico de la situación actual.

Capítulo 3: Estandarización del proceso productivo.

Capítulo 4: Programación de la producción en Microsoft Project.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

El proceso de programación de la producción es fundamental para garantizar la eficiencia operacional de toda empresa, ya que determina el momento y la forma para llevar a cabo la elaboración de un bien o servicio (Domínguez Machuca, García González, Ruíz Jiménez, Domínguez Machuca, & Alvarez Gil, 1995). Actualmente, la gestión de operaciones es una herramienta primordial a la hora de tomar decisiones en el área productiva (Taha, 2004) también permite modelar y solucionar situaciones complejas, y de diferente escala (Ortiz Triana & Caicedo Rolón, 2014).

Debido a su gran utilidad, la gestión de operaciones cuenta con un amplio campo de acción, en el cual se incluyen técnicas de programación de la producción especializadas en la asignación óptima de los recursos, buscando siempre la eficiencia y eficacia máxima en el desarrollo de las actividades. (Romero Romero, Poblete Grandón, & Baesler Abufarde, 2004), (Herrera Ramírez, 2011). La asignación de recursos resulta esencial en la solución de situaciones críticas de distribución de recursos limitados, que son requeridos simultáneamente por varios procesos (Buffa & Sarin, 1992).

En el contexto de las PYMES colombianas dicho proceso tiene un alto impacto en la sostenibilidad y crecimiento de la organización, ya que su no implementación es generalmente la causa de deficiencias estructurales en el proceso de fabricación y por ende se genera baja eficiencia y eficacia en la elaboración de sus productos, reduciendo así la productividad y rentabilidad de la organización. (Vergara Portela, 2007). En definitiva, es necesario que el inicio de una mejora continua sea la implementación de un correcto sistema de programación de la producción. (Álvarez M., Inche M., & Salvador W., 2004).

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Cuando</b>	<b>Donde</b>	<b>Metodología</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resultados</b>
Modelo de programación de la producción para la industria del aserrío	Romero Romero, Rodrigo Poblete Grandón, Mario Baesler Abufarde, Felipe	2004	Concepción, Chile.	Modelo heurístico de programación.	Industria del aserrío.	Determinación de las acciones necesarias al momento de programar la producción para cumplir con las fechas de entrega propuestas. Reducciones de tiempo en el proceso de planificación (Romero Romero et al., 2004).
Programa de planeación de la producción en una empresa de manufactura.	Dávila Sánchez, Miguel Ángel Martínez López, Pablo.	2003	San Pedro Cholula, México.	MRP Algoritmo de programación sin demora.	Mezcladoras y Trailers de México.	Software en Excel que dará información como cantidades a producir, inventarios en proceso y gráficas Gantt (Dávila Sánchez & Martínez López, 2003).

**Tabla 1. Antecedentes**

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Rediseñar el proceso productivo del Molino Scortum 300.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual.
- Estandarizar las operaciones del proceso productivo.
- Proponer un método de programación de la producción.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### 1.3 MARCO DE REFERENCIA

Debido al amplio alcance de este trabajo, cada objetivo está fundamentado por conceptos diferentes, y por ello se tratará cada uno por separado.

- Diseño de procesos:

“El objetivo del diseño de procesos es encontrar una manera de producir bienes que cumplan con los requerimientos del cliente, las especificaciones del producto dentro del costo y otras restricciones administrativas. El proceso seleccionado tendrá un efecto a largo plazo sobre la eficiencia y la producción, así como en la flexibilidad, costo y la calidad de los bienes producidos por la empresa.”(Carro Paz & González Gómez, n.d.).

- Árbol de problemas-árbol de objetivos:

Según (UNESCO, 2017), el árbol de problemas es una técnica que se emplea para identificar una situación negativa o problema central, mediante el análisis de relaciones tipo causa efecto.

De acuerdo con (Barreto Dillon, 2018), un árbol de problemas se compone de tres partes: 1. Las raíces, que representan las causas del problema. 2. El tronco, donde se ubica el problema central. Y 3. Las ramas que simbolizan las consecuencias o los efectos del problema.

Por otro lado, el árbol de objetivos es la traducción de aspectos negativos, del árbol de problemas, en aspectos positivos, y este permite la visualización de un escenario deseado (Rosas Tomás, 2013).

- Estandarización:

Según (Aldana de Vega et al., 2011), la importancia de estandarizar o normalizar un proceso, radica en definir y documentar los procesos necesarios para garantizar el cumplimiento de los todos los requisitos del producto; es decir, procesos estandarizados darán como resultado productos estandarizados.

- Gráfica de ensamble:

La grafica de ensamble también es conocida como grafica Gozinto (del inglés *Goes into*) y su principal atributo es que muestra todos los componentes del producto y cada paso en el proceso de ensamble para dar origen al producto terminado (Carro Paz & González Gómez, n.d.).

- Diagrama de flujo:

Al estudiar los flujos del proceso, se analiza la manera en que se fabrica un bien o se presta un servicio. La herramienta por excelencia para este análisis es el diagrama de flujo, el cual representa la secuencia lógica y los flujos entre las diferentes operaciones que conforman un proceso (Carro Paz & González Gómez, n.d.).

Según (Pardo Álvarez, 2013), el uso de este tipo de diagramas es muy recomendable en todo tipo de organizaciones; y enfatiza que sí se tienen identificados los procesos, pero estos no cuentan con los flujogramas correspondientes, se está ante una oportunidad de mejora respecto a la gestión de operaciones. Adicionalmente, (Pardo Álvarez, 2013) afirma que: “La documentación de los procesos tiene entre sus ventajas la contribución a la estandarización de los mismos”.

- Datos estándares:

De acuerdo con (Niebel & Freivalds, n.d.), los datos de tiempos estándar son los tiempos elementales que se obtienen mediante estudios, y que generalmente, son almacenados, ya que permiten calcular el tiempo total de una operación, sin necesidad de medirla directamente, sino a través de del uso de los datos estándares en formulas matemáticas.

La principal ventaja de los datos estándares respecto a otras técnicas, radica en que esta implica un menor tiempo y menores costos a la hora de determinar tiempos estándar pues evita la medición directa de tiempos y puede ser aplicado para diferentes operaciones (Sempere Ripoll, 2006).

- Reglas heurísticas de programación:

“Como lo dice su nombre, son reglas, métodos, formas de programar operaciones de producción, siguiendo determinado criterio y buscando minimizar o maximizar un objetivo en particular...Si bien estos métodos no pueden garantizar que las soluciones encontradas sean las óptimas, pueden ser de gran utilidad para lograr agendas de operaciones factibles y eficientes.” (Cativa, Denaro, Zabert, & Novas, n.d.)

“*Shortest Processing Time (SPT)* o tiempo de procesamiento más corto. Consiste en ordenar las tareas a realizar según su tiempo de procesamiento, de menor a mayor. Su principal objetivo es minimizar el tiempo de flujo promedio. Asimismo, también minimiza el retraso promedio, el tiempo promedio de espera y la media de número de tareas en espera.” (Cativa et al., n.d.)

## **2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA**

La metodología utilizada consta de tres pasos:

1. Se utilizó la herramienta de diagnóstico árbol de problemas y árbol de objetivos para determinar el problema principal a tratar y establecer los objetivos a alcanzar para revertir las dificultades presentes en la planta de producción de la compañía.
2. Como resultado del paso anterior, se procedió a estandarizar el proceso productivo del Molino Scortum 300, para ello se elaboraron diferentes diagramas de ensamble, diagramas de flujo y una tabla de operaciones. Adicionalmente, se estimó el tiempo de elaboración de cada operación mediante el uso de datos estándares.
3. Con los datos del paso anterior, se realizaron diferentes diagramas de red con la finalidad de proponer una programación manual de las operaciones basada en reglas heurísticas, que luego fue representada y analizada mediante el software Microsoft Project.

### 3. CAPITULO 1: PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA Y DEL PRODUCTO ESTUDIADO

Innovaciones Actum S.A.S. es una empresa con más de 14 años de experiencia en la fabricación de máquinas y equipos utilizados en el campo de la biotecnología, los cultivos celulares y la industria en general. Se encuentra ubicada en el municipio de Rionegro, Antioquia y actualmente cuenta con siete empleados en el área de producción.

El producto seleccionado para este trabajo es el Molino Scortum 300, el cual es un molino de martillos, diseñado para triturar y pulverizar diversos tipos de materiales como granos, cascarillas, frutos secos, talcos, tallos, entre otros. Este tipo de molino es altamente utilizado en empresas del sector agroindustrial, farmacéutico y de alimentos.

A continuación, se presenta la imagen del equipo y sus características técnicas.



**Figura 1. Molino Scortum 300**

- Material: Acero Inoxidable AISI304

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Capacidad de producción: 300 kg/h
- Alimentación: Trifásica 220 V y 33 A
- Consumo promedio: 10kw/h
- Cuenta con variación electrónica de la velocidad, tanto de la molienda, como de la extracción. Todo esto mediante un control digital con una interfaz análoga.
- Cuenta con elementos de seguridad, como paros de emergencia, y sensores que detectan situaciones de riesgo.

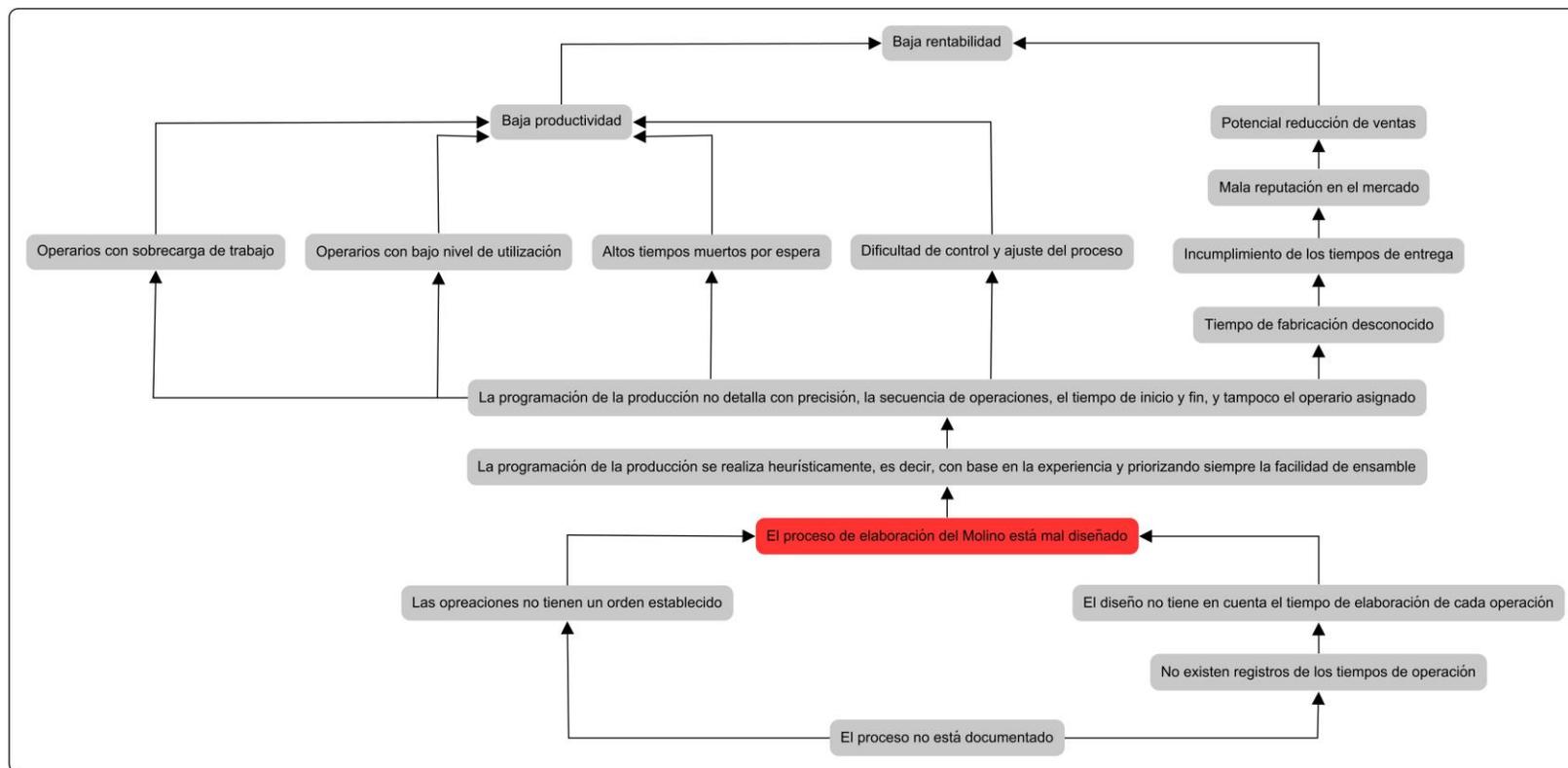
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## **4. CAPITULO 2: DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

El objetivo en esta etapa del trabajo era escuchar desde diferentes perspectivas, las situaciones que estaban aquejando al área de operaciones, y mediante la discusión y el consenso determinar el problema central, así como las consecuencias y los efectos, siguiendo los lineamientos de la herramienta árbol de problemas.

Para esta actividad se contó con la participación de dos operarios, el director de operaciones y el autor del trabajo; este último dirigió la actividad y aportó ideas con base a las visitas realizadas a la planta.

Como resultado de esta actividad se elaboró el siguiente árbol de problemas.



**Figura 2. Árbol de problemas**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Análisis:**

Entre los problemas más comentados y más notorios para todos, se encontraba en primer lugar, el incumplimiento de las fechas de entrega pactadas con el cliente; seguido de los problemas de sobrecarga de trabajo, tiempos muertos y las dificultades para controlar la producción. Todos estos problemas fueron ubicados en la parte alta del árbol, la cual corresponde a los efectos.

Indagando en las causas de dichos efectos se llegó a la conclusión de que el problema central era el mal diseño del proceso productivo ya que este diseño incide directamente en el proceso de programación de la producción y niveles más arriba genera los efectos negativos presentados en el párrafo anterior.

Respecto a las causas raíces del problema principal, se encontró que el proceso no cuenta con un orden establecido de operaciones y tampoco se tienen registros de los tiempos de elaboración. En definitiva, el proceso productivo no cuenta con ningún tipo de registro o documento que contenga información de este.

Posterior al análisis del árbol de problemas, se elaboró el árbol de objetivos, el cual corresponde a la representación positiva del árbol de problemas. A continuación, se presenta el árbol de objetivos.

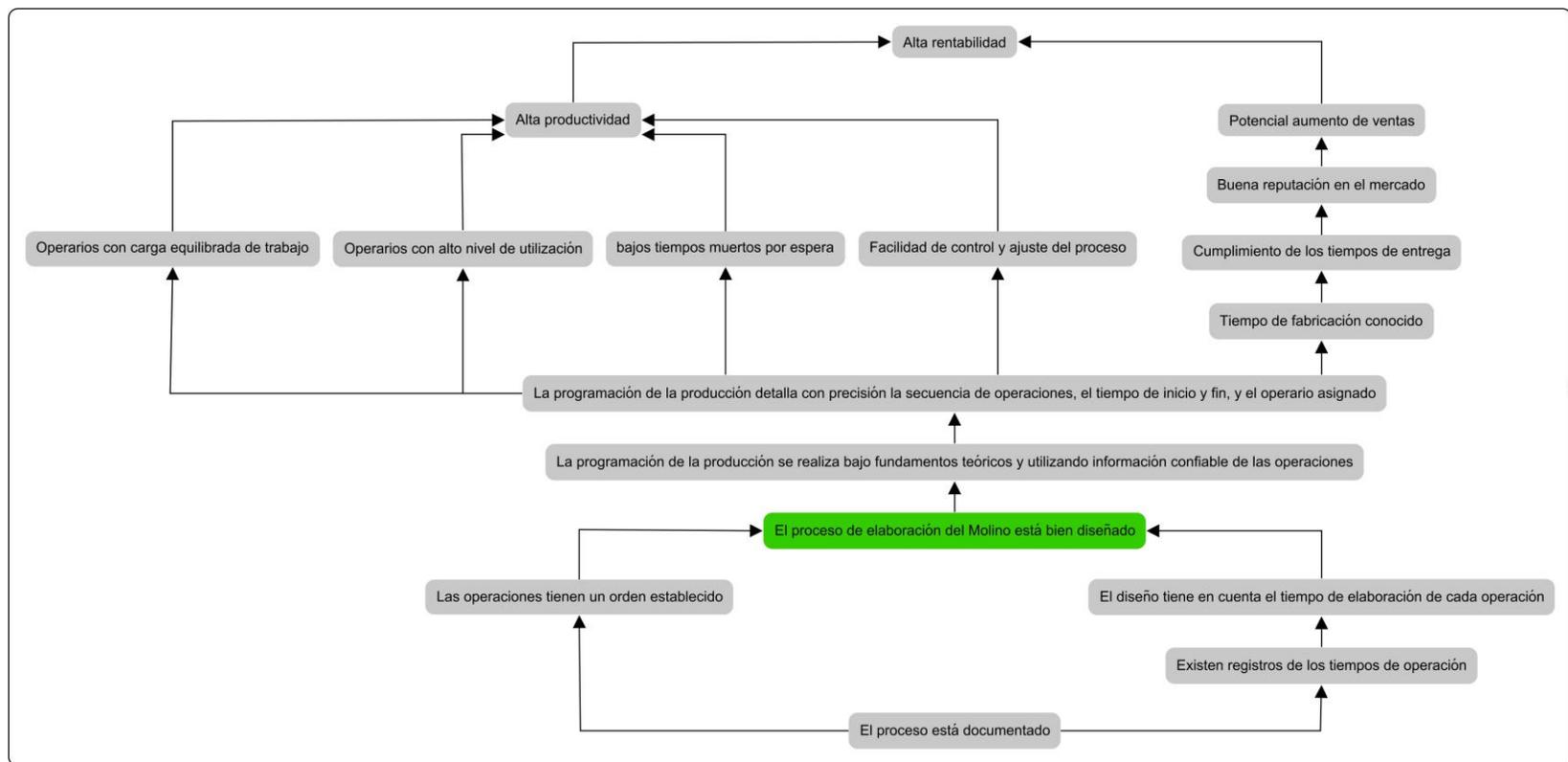


Figura 3. Árbol de objetivos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Análisis:**

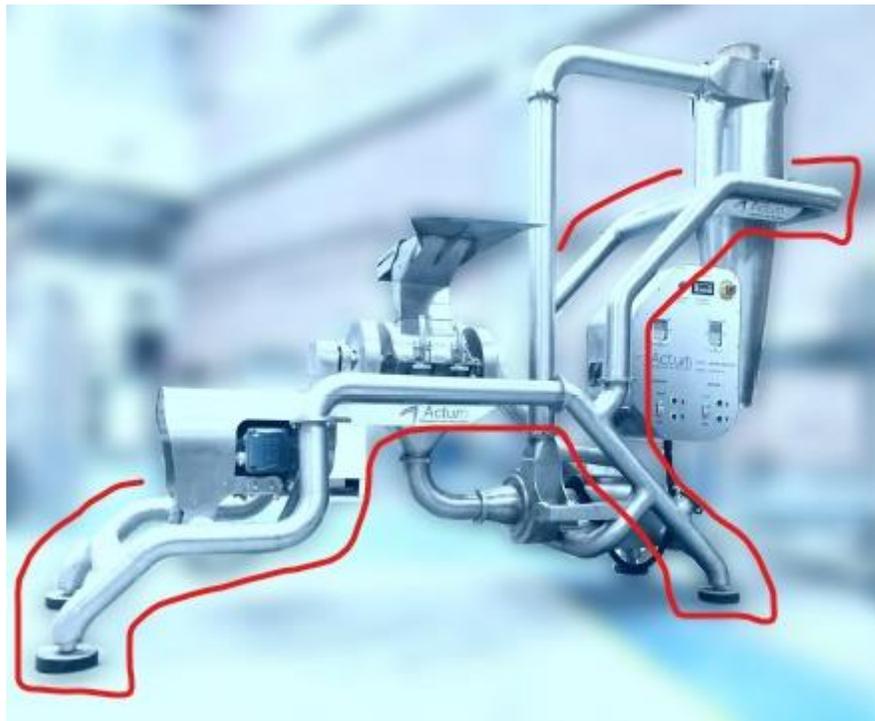
El árbol de objetivos al representar un escenario deseable de la situación actual convierte el problema principal en el objetivo principal, las causas en medios y los efectos en fines o resultados. De esta manera, surgen los objetivos del presente trabajo. Objetivo general: rediseñar el proceso productivo del Molino Scortum 300. Objetivos específicos: estandarizar el proceso productivo y proponer un método de programación de la producción.

## 5. CAPITULO 3: ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Antes de entrar a analizar el proceso como tal, es fundamental conocer a fondo el producto, comprender e identificar correctamente todos sus componentes.

El Molino Scortum 300 está compuesto por seis módulos que son los siguientes:

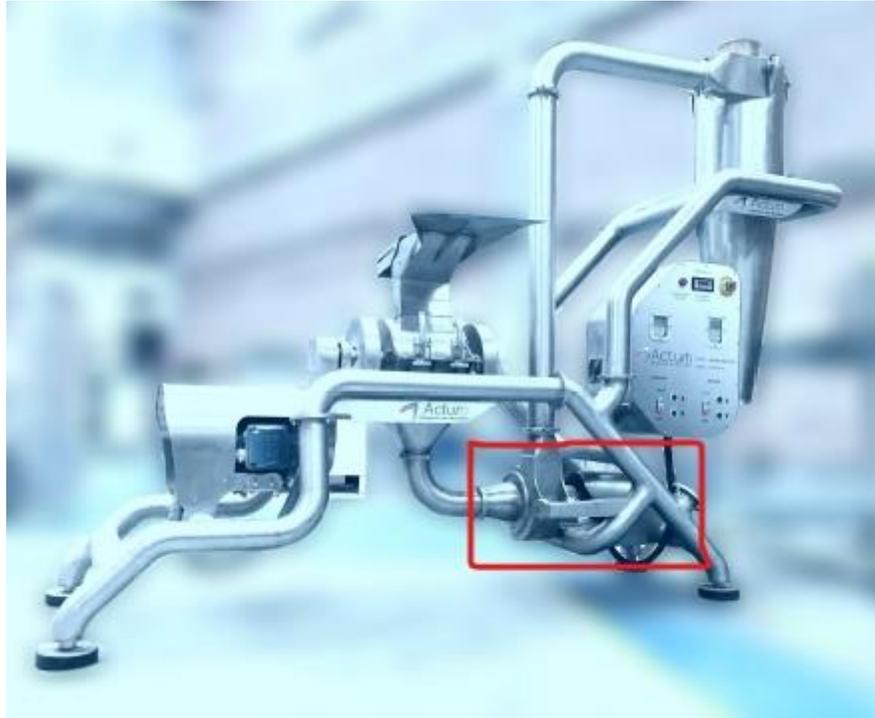
- Estructura: se define como el chasis de la maquina ya que soporta el peso de todo el equipo y sostiene la mayoría de los módulos restantes. Está echo de tubo y no tiene subpiezas, es decir, es una pieza única.



**Figura 4. Estructura**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

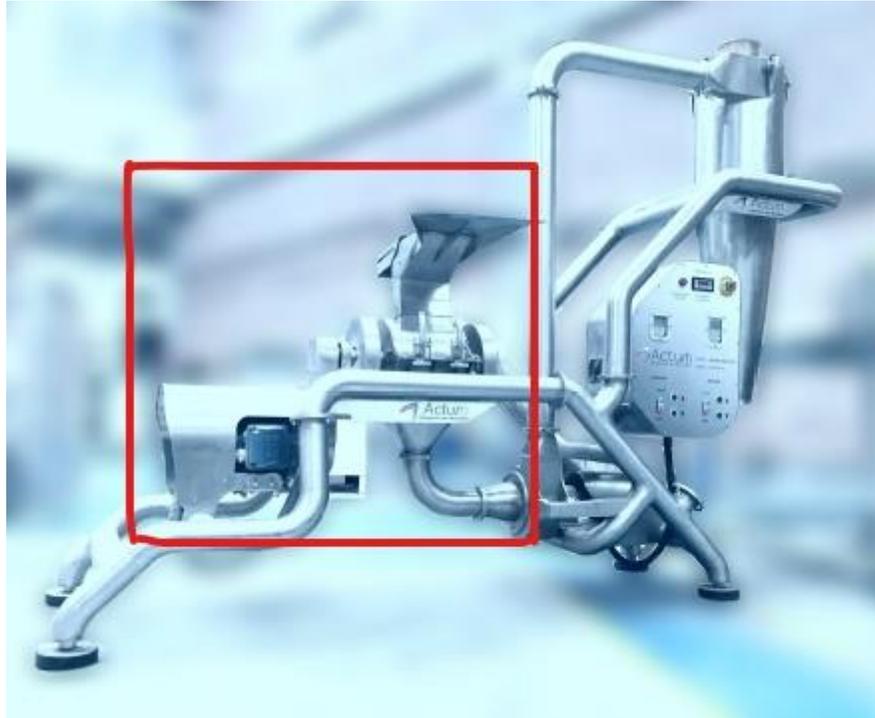
- Extracción: es el módulo encargado de propulsar el material pulverizado hacia el exterior del equipo. Es un módulo complejo que tiene varias subpiezas.



**Figura 5. Extracción**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Molienda: es el módulo encargado de triturar y pulverizar los materiales. Es un módulo complejo que tiene varias subpiezas.



**Figura 6. Molienda**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

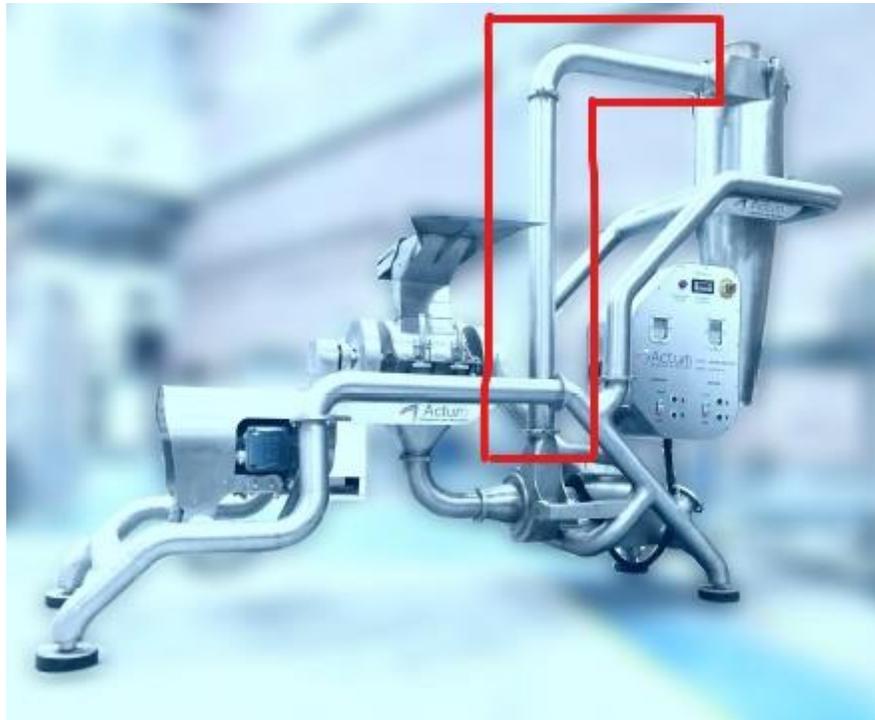
- Ciclón: este módulo cumple la función de tolva de salida, es decir, se encarga de acumular y expulsar el material molido. Es un módulo de complejidad media y tiene varias subpiezas.



**Figura 7. Ciclón**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Ductería: es el módulo más sencillo, está echo de tubo y no tiene subpiezas. Su función consiste en transportar el material molido desde la extracción hasta el ciclón.



**Figura 8. Ductería**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Gabinete: es el módulo que contiene las pantallas y los controles del equipo. No tiene subpiezas.

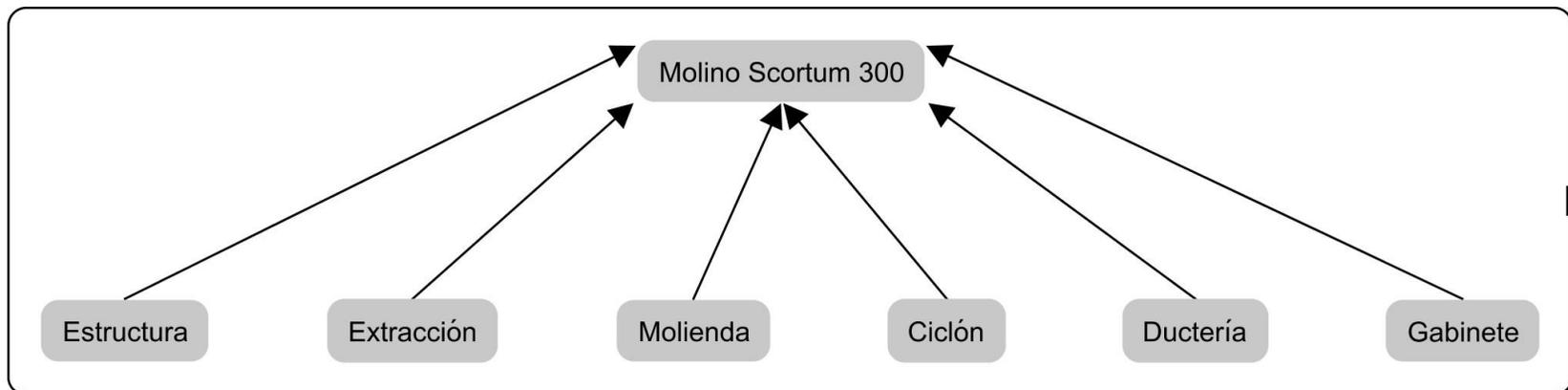


**Figura 9. Gabinete**

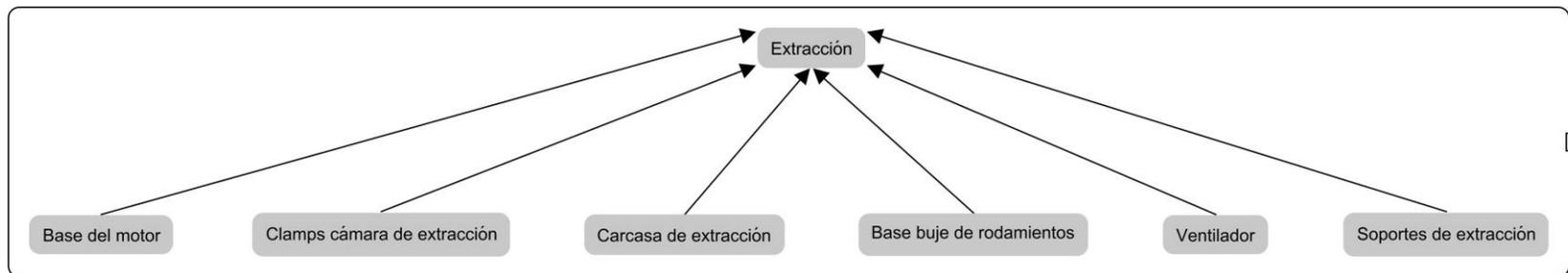
Una vez identificados cada uno de los módulos y su respectiva función, se procedió a elaborar las gráficas de ensamble, las cuales detallan incluso las piezas que componen cada módulo.

A continuación, se presentan las gráficas de ensamble, estas siguen el mismo orden de la presentación de los módulos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

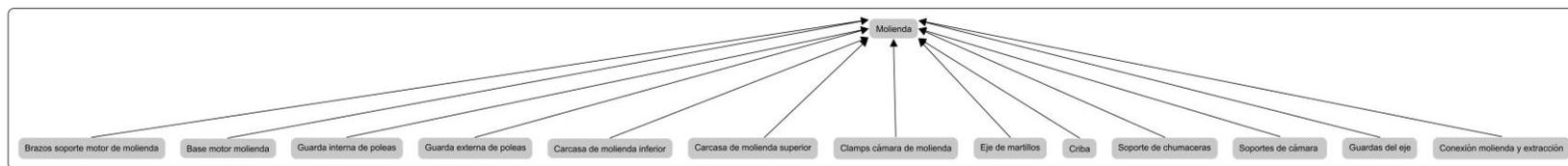


**Figura 10. Gráfica de ensamble Molino Scortum 300**

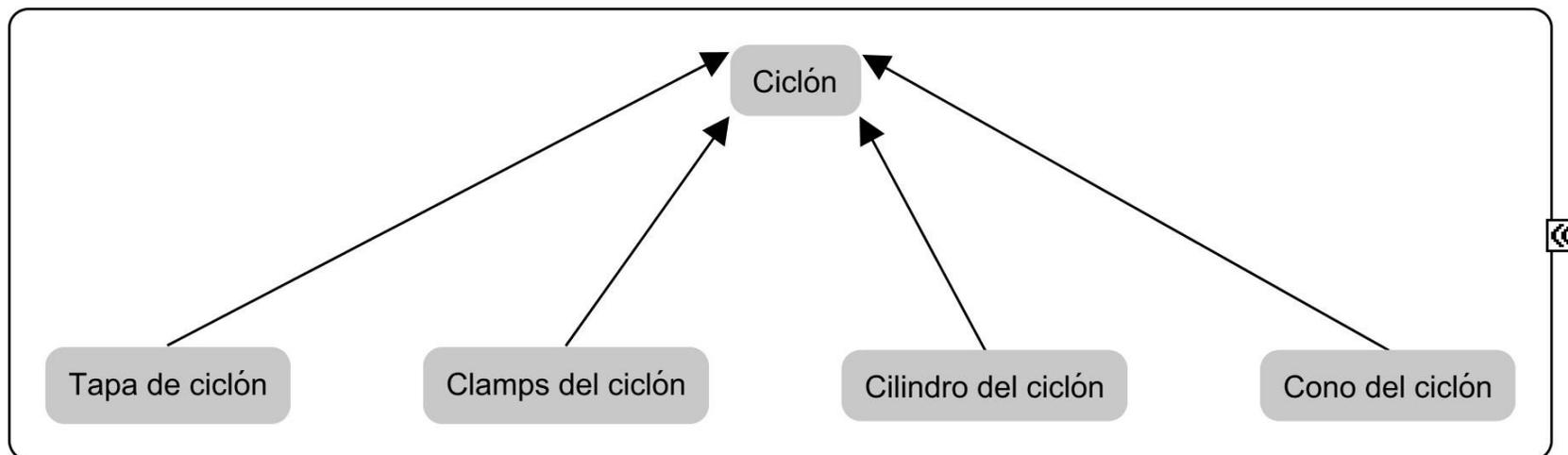


**Figura 11. Gráfica de ensamble Extracción**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Figura 12. Gráfica de ensamble Molienda**



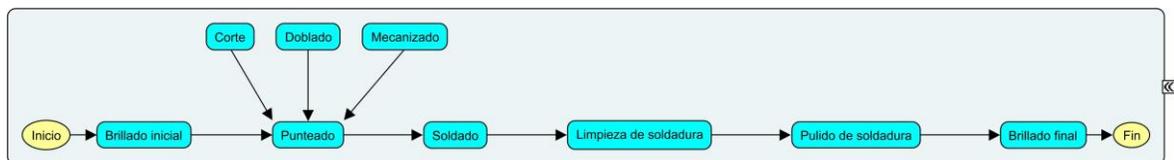
**Figura 13. Gráfica de ensamble Ciclón**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Luego de conocer el producto, se procede a conocer los diferentes procesos de transformación que están involucrados en la producción de una pieza, de un módulo y del molino completo.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo general utilizado para la fabricación de la mayoría de las piezas. Este es considerado el orden típico de las operaciones. Sin embargo, existen excepciones, es decir, hay piezas que no incluyen todas las operaciones.

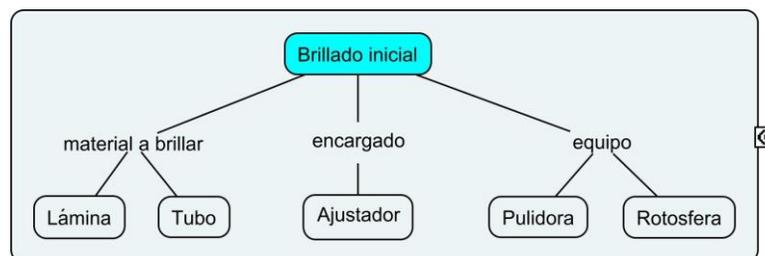
Es importante aclarar, que el molino parte de láminas cortadas a laser. Dichas láminas son suministradas por un proveedor que vende el material ya cortado según los planos enviados por el cliente.



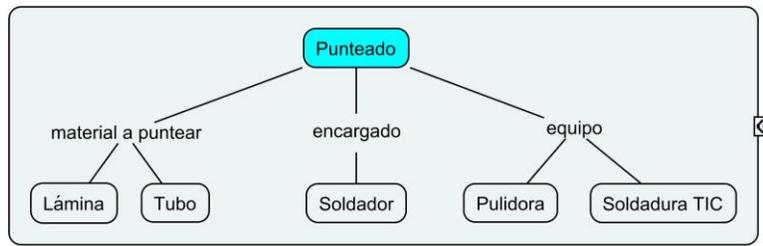
**Figura 14. Diagrama de flujo general**

El diagrama expone que el orden lógico es: brillar, puntear, soldar, limpiar, pulir y brillar nuevamente. Adicionalmente, muestra como las operaciones de corte, doblado y mecanizado pueden integrarse al proceso mediante la operación de punteado.

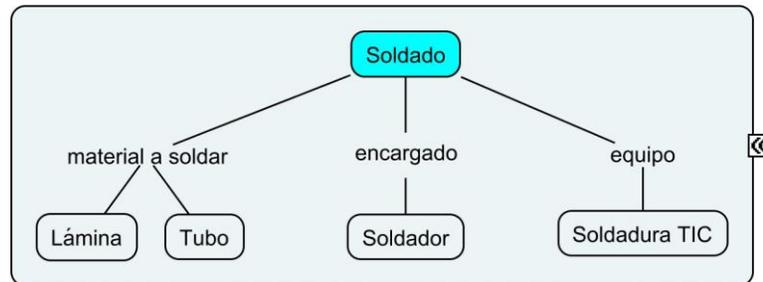
Las ilustraciones presentadas a continuación, brindan información adicional de las operaciones mencionadas, como por ejemplo, que tipo de materiales trabaja, quien es el responsable y que herramientas se requieren para hacer la operación. Las operaciones se presentan respetando el orden lógico ya mencionado.



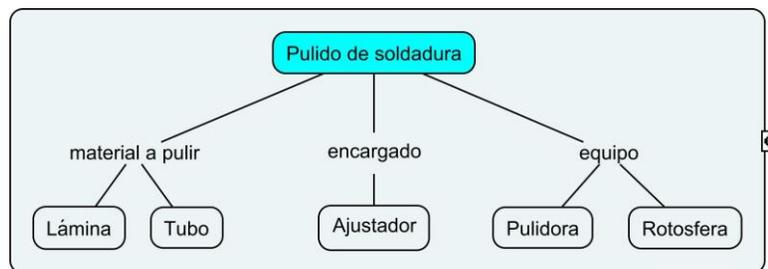
**Figura 15. Brillado inicial**



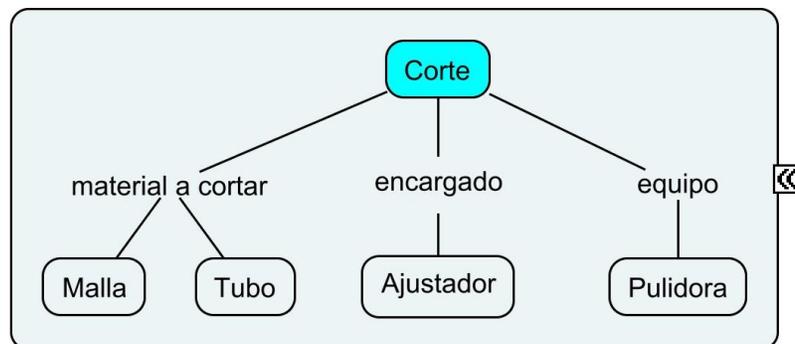
**Figura 16. Punteado**



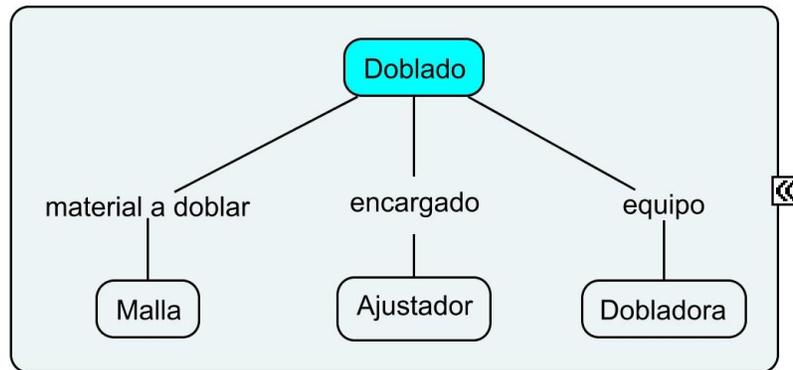
**Figura 17. Soldado**



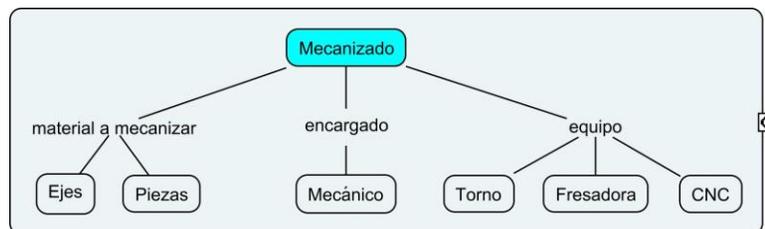
**Figura 18. Pulido**



**Figura 19. Corte**



**Figura 20. Doblado**



**Figura 21. Mecanizado**

De los gráficos anteriores podemos resumir que:

- Los materiales que se trabajan son lámina, tubo, ejes y malla.
- Los procesos de corte, doblado, brillado, limpieza y pulido son responsabilidad de los ajustadores
- Los soldadores se encargan del punteado y del soldado
- El mecanizado es tarea de los mecánicos

Antes de continuar, es importante aclarar, que existe otro tipo de trabajador en la planta de producción, este es denominado “electrónico” y se encarga de todo lo relacionado con el control electrónico del molino.

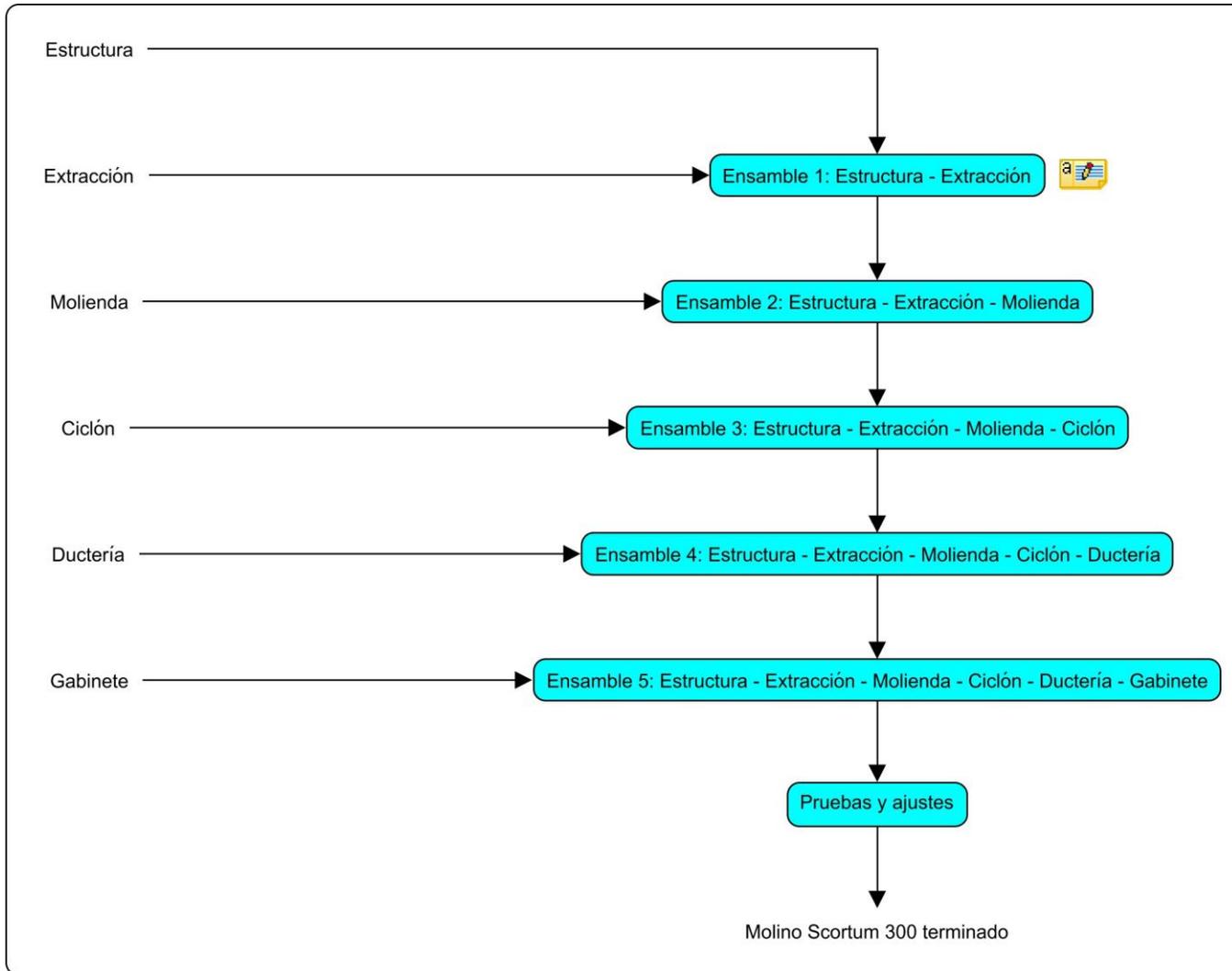
Una vez conocido a detalle el producto y las operaciones, se procedió a crear la tabla total de operaciones, la cual contiene todas las operaciones necesarias para elaborar el molino, y detalla para cada una de ellas, las actividades, los responsables, la materia prima, los insumos y las herramientas utilizadas. Adicionalmente, detalla qué pieza se está haciendo y a qué modulo pertenece.

(VER ANEXO 1: Tabla de operaciones – Molino Scortum 300)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Como se observa en el Anexo 1, al final de la tabla se encuentran operaciones denominadas Ensamble 1, Ensamble 2... hasta Ensamble 5; y cada una de ellas pertenece a un módulo en particular. En estas operaciones se realiza el ensamble de todas las piezas que dan forma al módulo, y posterior a ello, el módulo es conectado con los otros módulos con los cuales tiene relación.

El siguiente diagrama de ensamble, ilustra lo comentado en el párrafo anterior respecto a las operaciones de Ensamble, es decir, presenta como se va formando el molino a través de las diferentes operaciones de ensamble.



**Figura 22. Diagrama de ensamblaje actual**

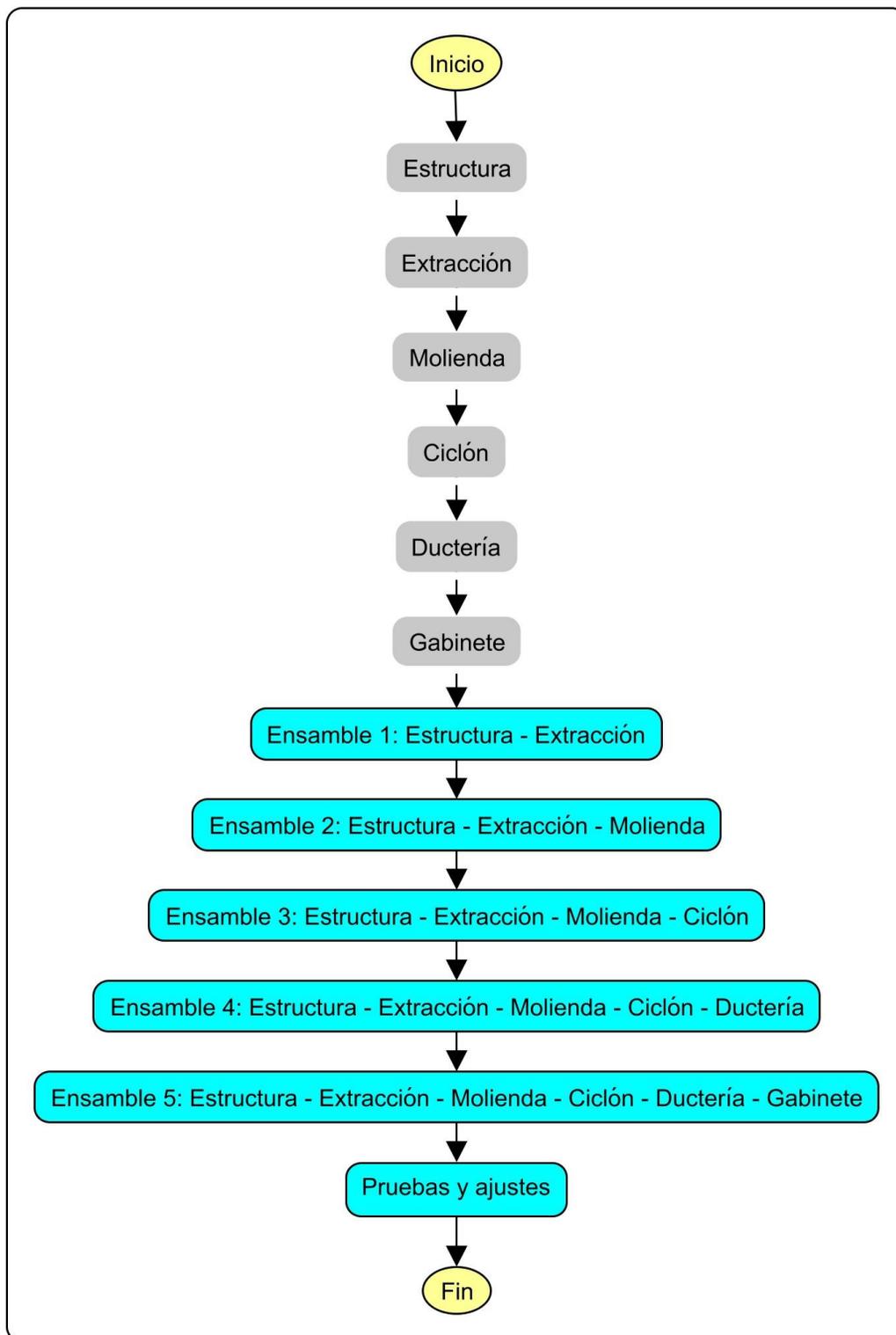
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Continuando con el análisis, es preciso mencionar las siguientes reglas que utiliza la empresa a la hora de fabricar el molino:

1. No se da inicio a las operaciones de ensamble hasta que TODOS los módulos se encuentren listos o en su defecto todas sus piezas se encuentren fabricadas.
2. Solo se trabaja en un módulo a la vez, es decir, no se pueden fabricar dos módulos simultáneamente.

Estas reglas están definidas por el área de producción bajo el argumento de facilitar el trabajo y porque han sido utilizadas de forma tradicional.

Combinando la información contenida en el diagrama de ensamble con las nuevas reglas presentadas, es posible identificar la secuencia actualmente utilizada para fabricar el molino. Dicha secuencia es presentada mediante el siguiente diagrama de flujo.



**Figura 23. Diagrama de flujo actual**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Como se puede apreciar, el orden de las operaciones del anterior diagrama de flujo coincide exactamente con el orden de la tabla de operaciones del Anexo 1; lo que quiere decir, que la tabla de operaciones contiene el orden de utilizado actualmente por la empresa para fabricar el molino.

Una vez se documentó a detalle todo el proceso surgió la siguiente inquietud ¿cuánto tiempo toma realizar cada operación? Pero esta pregunta iba más allá, y realmente pretendía indagar en cuanto tiempo se fabrica un molino. Este hecho marcó el inicio de la segunda etapa de la estandarización, en la cual el objetivo era determinar el tiempo de cada operación y así poder incluir este dato en la tabla de operaciones.

Debido a la gran cantidad de operaciones que se requieren para elaborar el molino, se descartó desde un inicio la medición directa de tiempos, más bien, aprovechando la similitud de las operaciones en varias etapas del proceso, se decidió determinar y utilizar los datos estándares.

En primer lugar, se definieron los siguientes parámetros o datos estándares para cada operación, con sus respectivas unidades.

Operación	Parámetros	
Corte de tubo	Corte de tubo por pulgada de diámetro	s/pul
Punteado de tubo	Punto de soldadura sobre tubo	s/punto
Soldado de tubo	Soldado de 1/4 de tubo por pulgada de diámetro	s/pul
Decapante en tubo	Aplicación de decapante sobre tubo	s
Pulido de tubo	Pulido de 1/4 de tubo por pulgada de diámetro	s/pul
Brillado de lámina	Billado de lámina por cm <sup>2</sup>	s/cm <sup>2</sup>
Punteado de lámina	Punto de soldadura sobre lámina	s/punto
Soldado de lámina	Soldado de 2.5 cm de longitud sobre lámina	s
Decapante en lámina	Aplicación de decapante sobre lámina	s
Pulido de lámina	Pulido de lámina por cm de longitud	s/cm

**Figura 24. Lista de parámetros**

En las operaciones en las que se trabaja con tubo, los parámetros están expresados en función del diámetro del tubo; mientras que, en las operaciones de lámina, los parámetros están expresados en función del área de la lámina.

Es importante aclarar que, los parámetros que incluyen medidas, por ejemplo, pulido de ¼ de tubo o soldado de 2.5 cm de lámina, se establecieron de esta manera, ya que reflejan el método utilizado por los operarios para realizar su trabajo, es decir, los ajustadores pulen los tubos por cuartos y los soldadores realizan cordones de a 2.5 cm de longitud.

Ya definidos los parámetros, se requería calcular la magnitud de cada uno de ellos; por ende, se realizaron 10 simulaciones de cada operación, en las cuales se registró el tiempo de cada una. Dichos tiempos fueron promediados y operados matemáticamente con los datos de área, diámetro y longitud, para dar origen a los parámetros o datos estándares.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

(VER ANEXO 2: datos estándares)

Como se puede apreciar en el Anexo 2, la magnitud calculada de los parámetros fue la siguiente:

Parámetros		
Corte de tubo por pulgada de diámetro	12.67	s/pul
Punto de soldadura sobre tubo	6.42	s/punto
Soldado de 1/4 de tubo por pulgada de diámetro	16.52	s/pul
Aplicación de decapante sobre tubo	600.00	s
Pulido de 1/4 de tubo por pulgada de diámetro	14.81	s/pul
Billado de lámina por cm <sup>2</sup>	0.34	s/cm <sup>2</sup>
Punto de soldadura sobre lámina	5.41	s/punto
Soldado de 2.5 cm de longitud sobre lámina	10.62	s
Aplicación de decapante sobre lámina	600.00	s
Pulido de lámina por cm de longitud	3.32	s/cm

**Figura 25. Parámetros**

Una vez establecidos los datos estándares o parámetros, se procedió a detallar en la tabla de operaciones del Anexo 1, la cantidad de puntos, la cantidad de cortes, las longitudes a soldar, las áreas a brillar, entre otros datos. Todo esto con el fin de relacionar esta información con el respectivo parámetro y así determinar el tiempo estándar de cada operación.

Es importante resaltar que esta información fue recolectada en colaboración con el personal de producción. Los datos fueron extraídos de los planos del molino que son propiedad de la empresa.

(VER ANEXO 2: Estimación de tiempos)

En la segunda página del Anexo 2, se encuentran los cálculos realizados para determinar el tiempo estándar de cada operación. Allí se evidencia el uso de un supuesto para considerar el tiempo de alistamiento, este fue definido como el 30% de cada operación, es decir, a cada operación se le realizó un incremento del 30% en el tiempo estándar por concepto de alistamiento de materiales, herramientas, etc.

Para las operaciones que por su complejidad no se les fue asignado un parámetro específico, como por ejemplo, las operaciones de mecanizado, los diferentes ensambles, entre otras; la estimación del tiempo se realizó mediante supuestos basados en la experiencia del equipo de producción.

Los resultados de los tiempos fueron incluidos en la tabla de operaciones del Anexo 1 y también fueron presentados en la segunda página del Anexo 2.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## 6. CAPITULO 4: PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN MICROSOFT PROJECT

Gracias a la información recolectada en el capítulo anterior, es posible pensar ahora en una programación de la producción. Ya se encuentran definidas todas las operaciones, con sus respectivos responsables y sus tiempos de elaboración; los insumos básicos de toda programación. Únicamente surge una duda, y es respecto al orden de las operaciones, pues este está condicionado por las reglas de producción utilizadas:

1. No se da inicio a las operaciones de ensamble hasta que TODOS los módulos se encuentren listos o en su defecto todas sus piezas se encuentren fabricadas.

¿Por qué esperar a que todas las piezas o módulos estén listos para empezar con los ensambles?

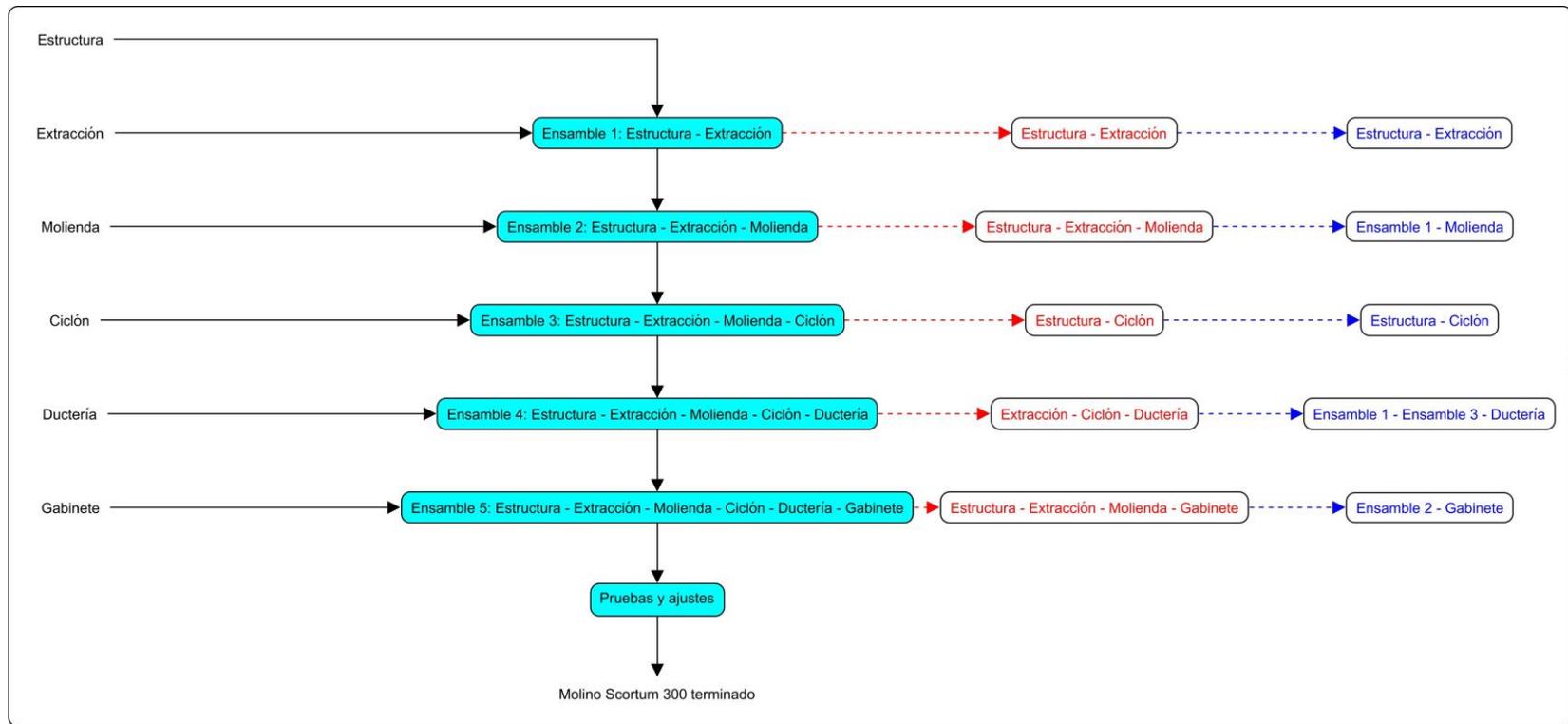
2. Solo se trabaja en un módulo a la vez, es decir, no se pueden fabricar dos módulos simultáneamente.

¿Por qué no trabajar dos o más módulos simultáneamente?

Tras analizar dichas reglas, se concluye que más que reglas son restricciones que se ha auto impuesto el área de producción, y más allá de simplificar el proceso de asignación, son las causantes de la baja productividad de la planta.

Por lo anterior, es preciso cuestionarse acerca de las verdaderas restricciones del proceso productivo.

Respecto a los ensambles mencionados en la regla 1, se realizó un análisis del diagrama de ensamble presentado en el capítulo anterior, en esta ocasión enfatizando en las restricciones reales o restricciones físicas de diseño. Para esto se identificaron los módulos que efectivamente son requeridos para cada ensamble. Como resultado de este análisis se elaboró un nuevo diagrama de ensamble, el cual es presentado a continuación.



**Figura 26. Diagrama de ensamblaje rediseñado**

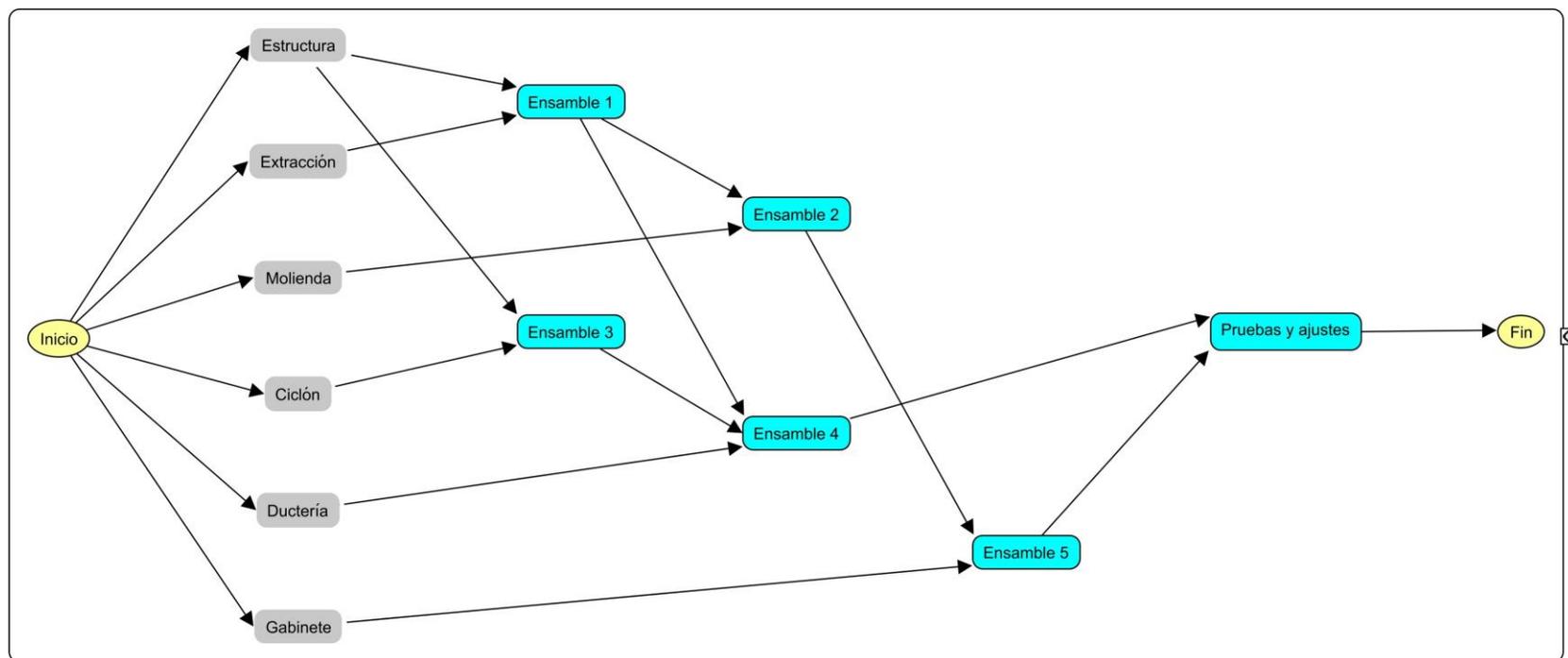
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Análisis:**

- El Ensamble 1 y el Ensamble 2, efectivamente, requieren los módulos señalados inicialmente, es decir, sus requerimientos no cambiaron.
- Para realizarse el Ensamble 3 no se requiere haber realizado el ensamble 1 ni el ensamble 2, por el contrario, únicamente se requiere contar con la estructura y con las piezas del ciclón.
- Por su parte, el Ensamble 4 tiene como predecesoras el Ensamble 1, el Ensamble 3 y la ductería.
- El Ensamble 5 requiere haber ejecutado el Ensamble 2 y las piezas del gabinete.

Respecto a la segunda regla, no hay ningún tipo de restricción real que impida el trabajo simultaneo en varios módulos. El orden como tal será dado por la programación a realizar.

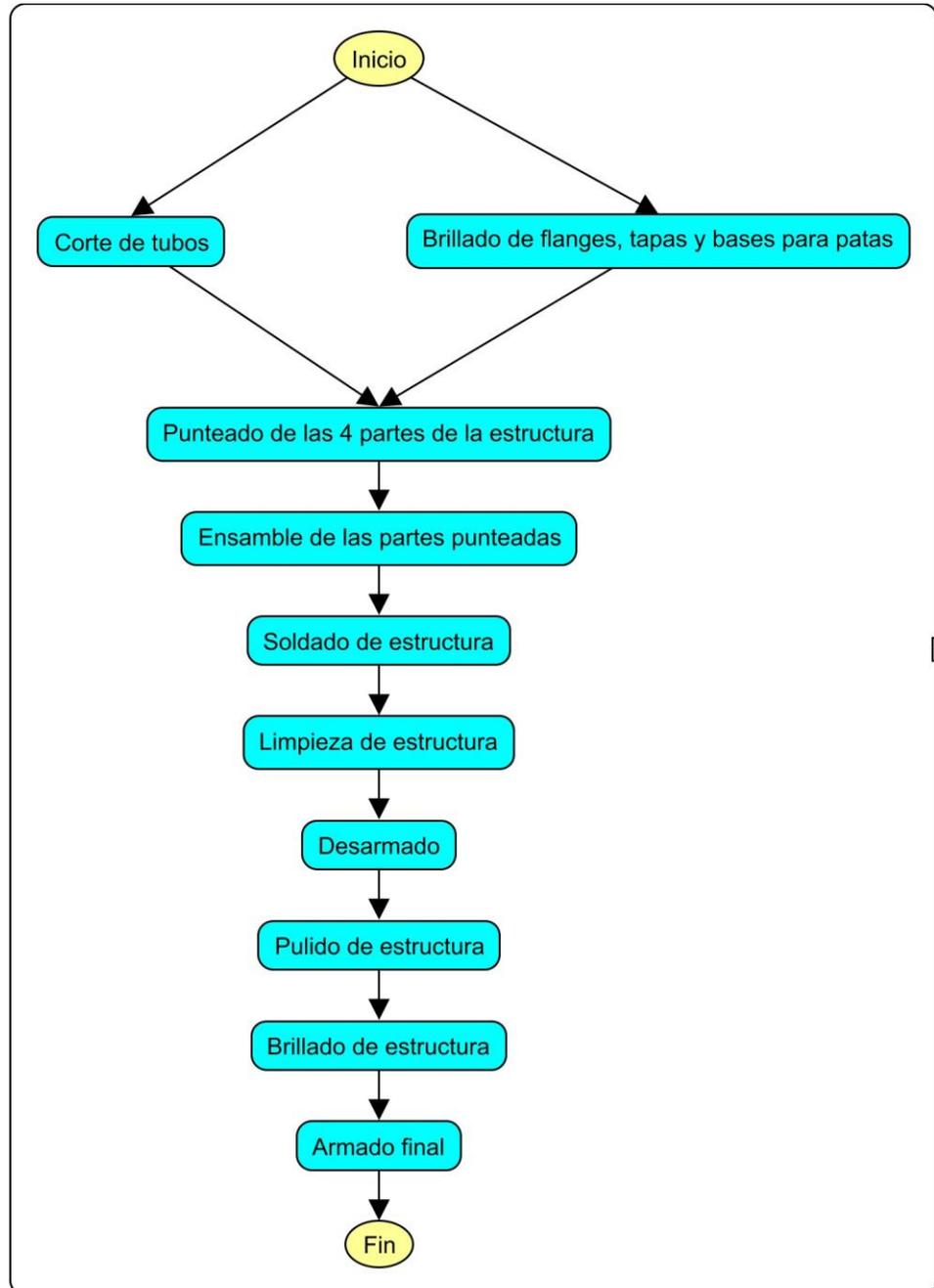
En suma, es posible representar todas las restricciones del proceso mediante el siguiente diagrama de red, el cual muestra claramente todas las relaciones de precedencia entre los diferentes módulos y los diferentes ensambles. Dicho diagrama reemplaza el diagrama de flujo del proceso presentado en el capítulo anterior, y ofrece una nueva visión acerca del proceso de elaboración del Molino Scortum 300.



**Figura 27. Diagrama de red Molino Scortum 300**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De igual forma, se realizaron los diferentes diagramas de red para cada uno de los módulos, los cuales son presentados a continuación, siguiendo el mismo orden utilizado a lo largo del trabajo.



**Figura 28. Diagrama de red Estructura**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

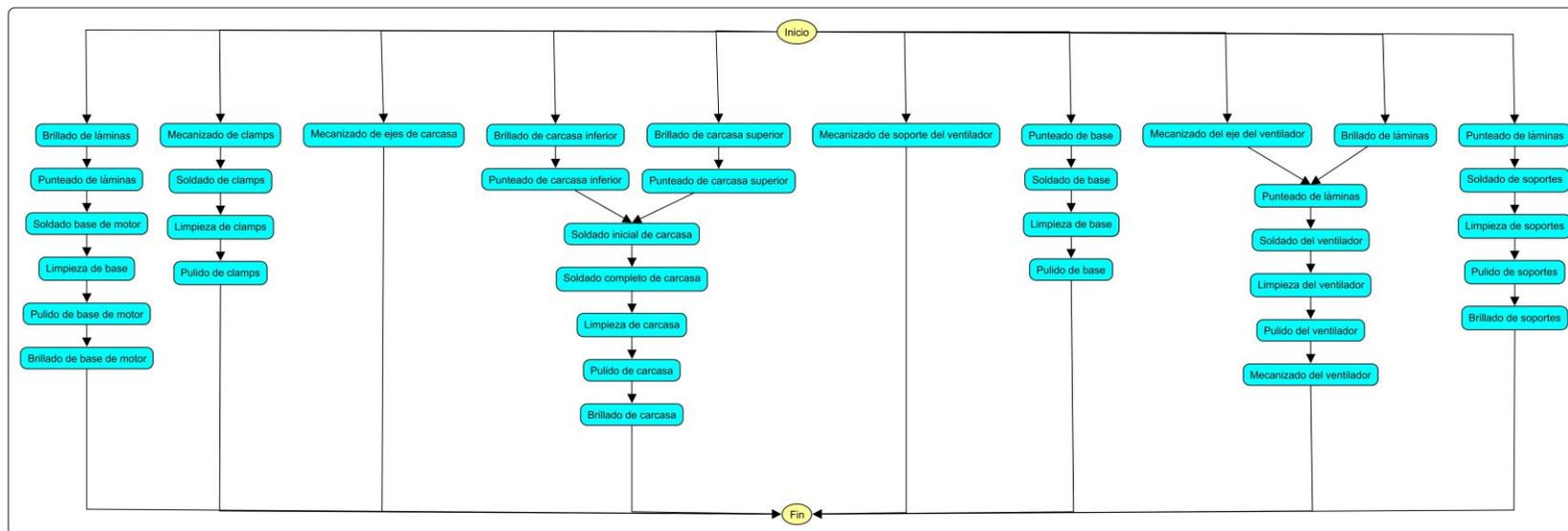
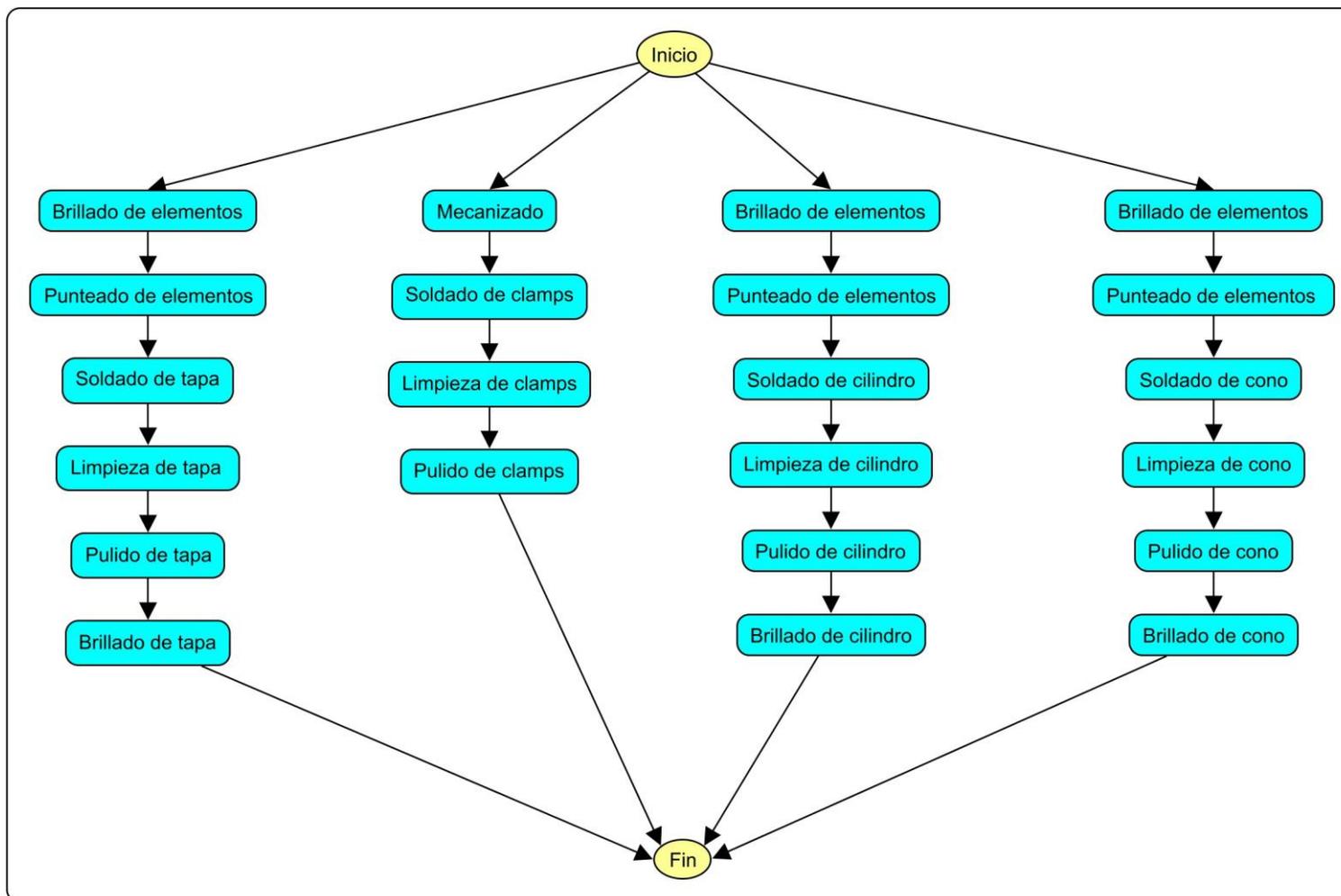


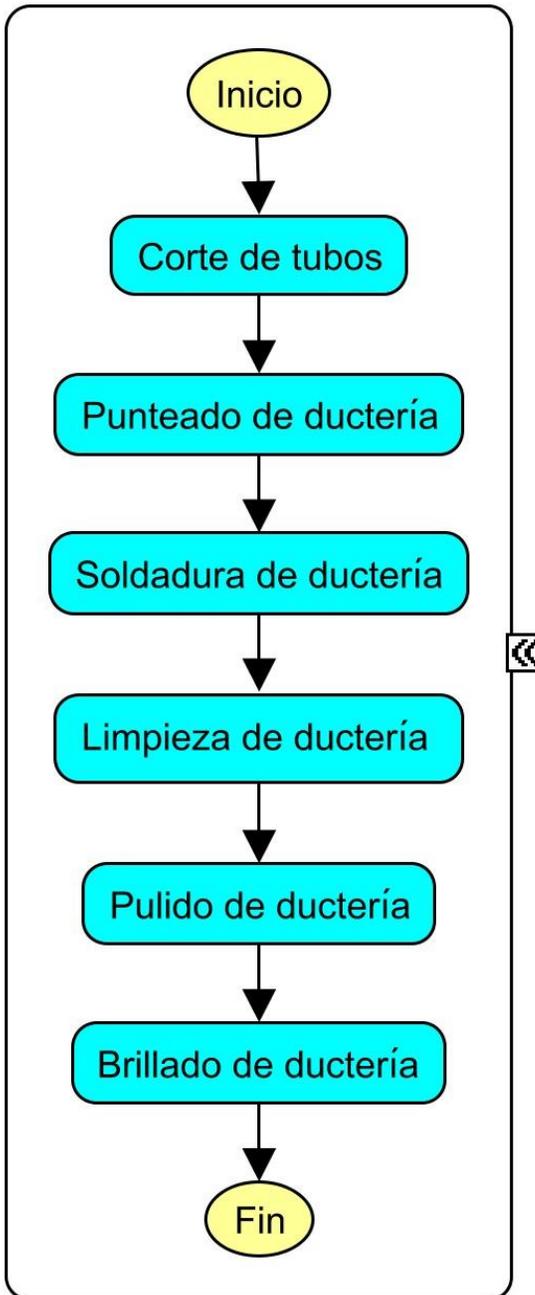
Figura 29. Diagrama de red Extracción

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



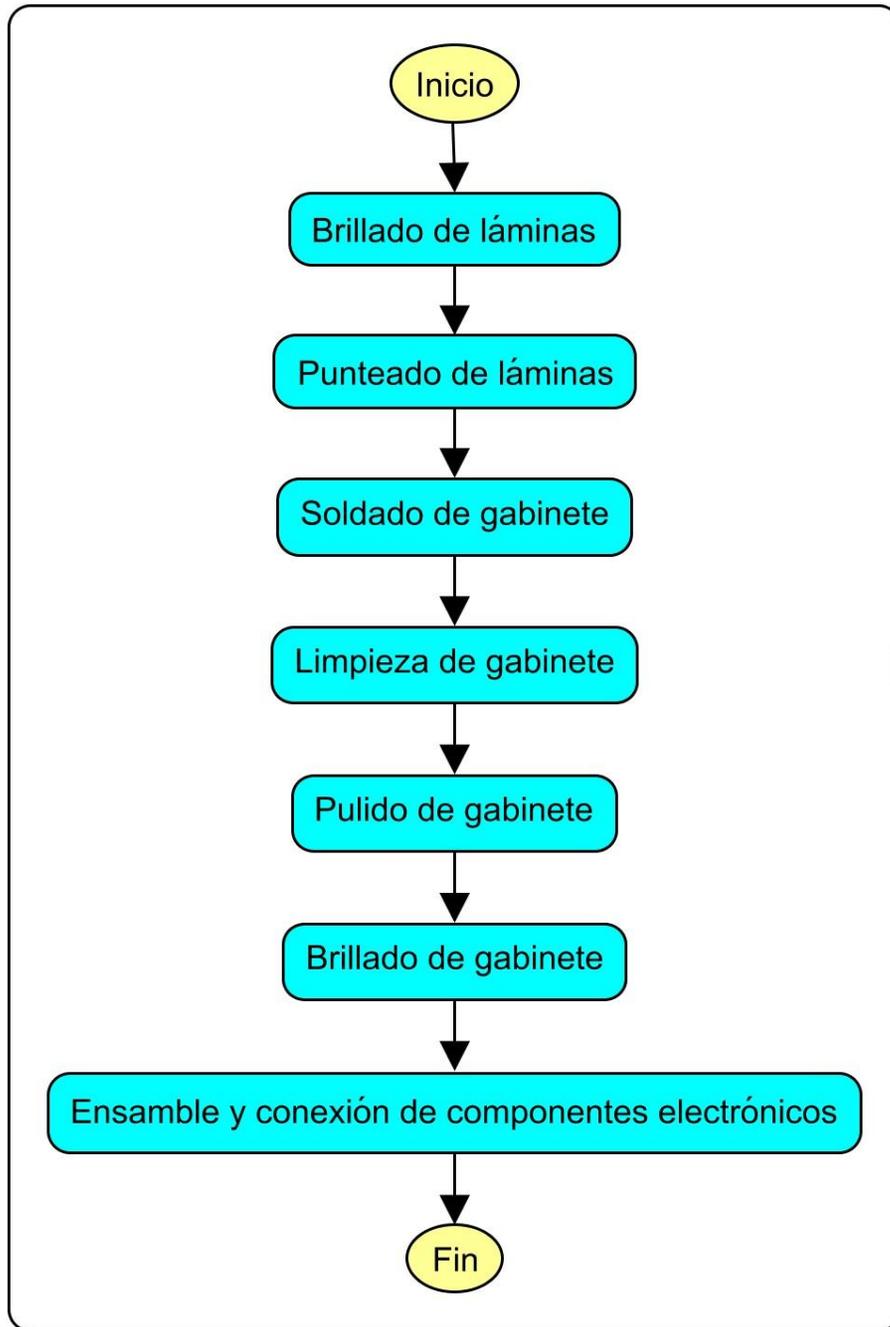


**Figura 31. Diagrama de red Ciclón**



**Figura 32. Diagrama de red Ductería**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Figura 33. Diagrama de red Gabinete**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Una vez claras todas las relaciones de precedencia entre todas las operaciones, se dio inicio a la fase de la programación de la producción mediante el software Microsoft Project.

Como primer paso, todas las operaciones fueron ingresadas al programa. Dentro de esta configuración se incluyó tanto el tipo de operario que realiza las actividades como las diferentes relaciones de precedencia. Adicionalmente, se ingresó al programa el horario con el que trabaja la empresa, así como los diferentes festivos, hasta diciembre de 2019; todo esto con el fin de modelar con gran precisión el proceso de producción del Molino Scortum 300.

La idea inicial era que Project mediante su herramienta de distribución de tareas, redistribuyera todas las operaciones de tal forma que el molino pudiera ser elaborado, sin ningún tipo de error o conflicto, como por ejemplo, que un operario realice dos tareas al mismo tiempo.

Tras varios intentos, e incluso apelando a varias iteraciones de la herramienta redistribución de tareas, Microsoft Project no logró entregar una programación válida sin ningún tipo de error, esto debido a la gran cantidad de operaciones y al alto grado de complejidad de los diagramas de red.

(VER ANEXO 4: Modelo de Project sin programar)

En el archivo referenciado, se evidencia tanto la configuración mencionada como los problemas relacionados con la herramienta redistribución de tareas.

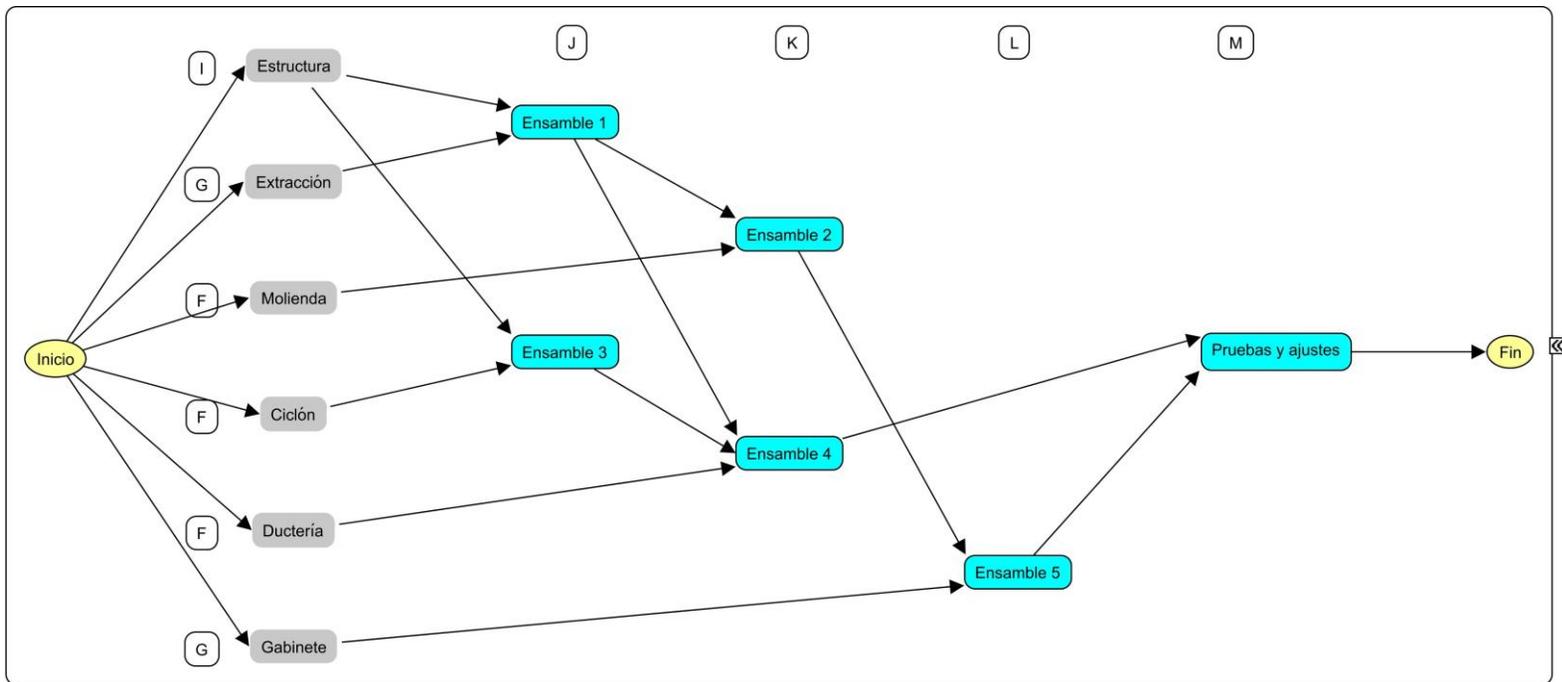
Como respuesta ante estos inconvenientes, se decidió realizar una programación manual que garantizara la correcta asignación de las operaciones, buscando el menor tiempo total de elaboración posible y priorizando la utilización de los operarios. Esta programación se realizó con base en la regla heurística del menor tiempo de procesamiento, la cual indica que las operaciones con menor tiempo de elaboración tienen prioridad y deben realizarse primero.

Incluso habiendo definido la regla a heurística a utilizar, el ejercicio de programación continuaba siendo bastante complejo por los mismos motivos mencionados anteriormente, la gran cantidad de operaciones y la complejidad de los diagramas de red. Por tanto, se estipularon las siguientes reglas de programación para simplificar el ejercicio de asignación.

### **Reglas de asignación:**

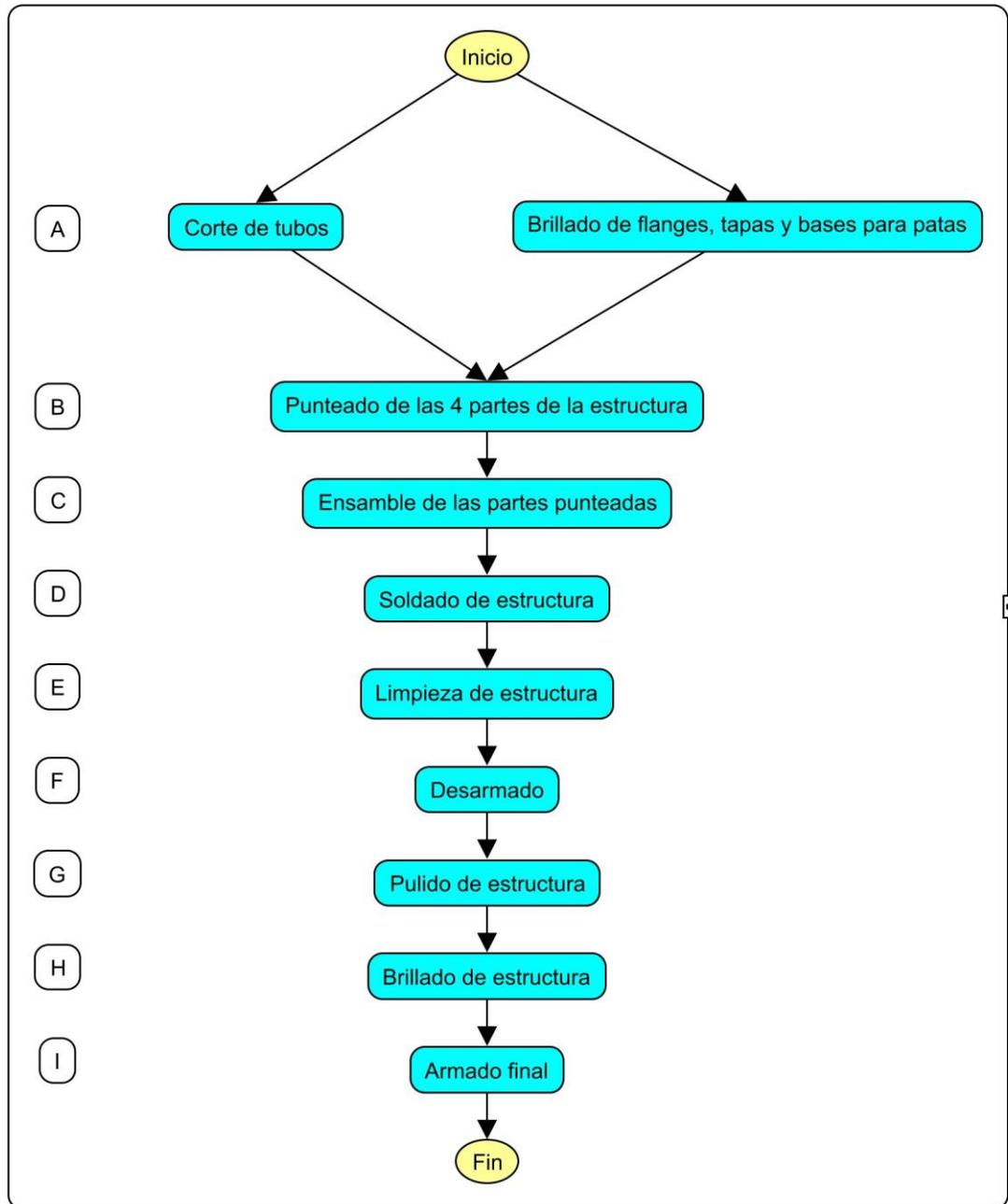
1. Niveles: todas las operaciones presentes en los diagramas de red fueron categorizadas por niveles, con el fin de crear una jerarquía y dar prioridad a las operaciones de niveles superiores, es decir, primero se programan todas las operaciones del nivel A para luego seguir con las del nivel B. A continuación, se presentan los diagramas de red que incluyen la categorización por niveles.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Figura 34. Diagrama de red con niveles Molino Scortum 300**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Figura 35. Diagrama de red con niveles Estructura**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

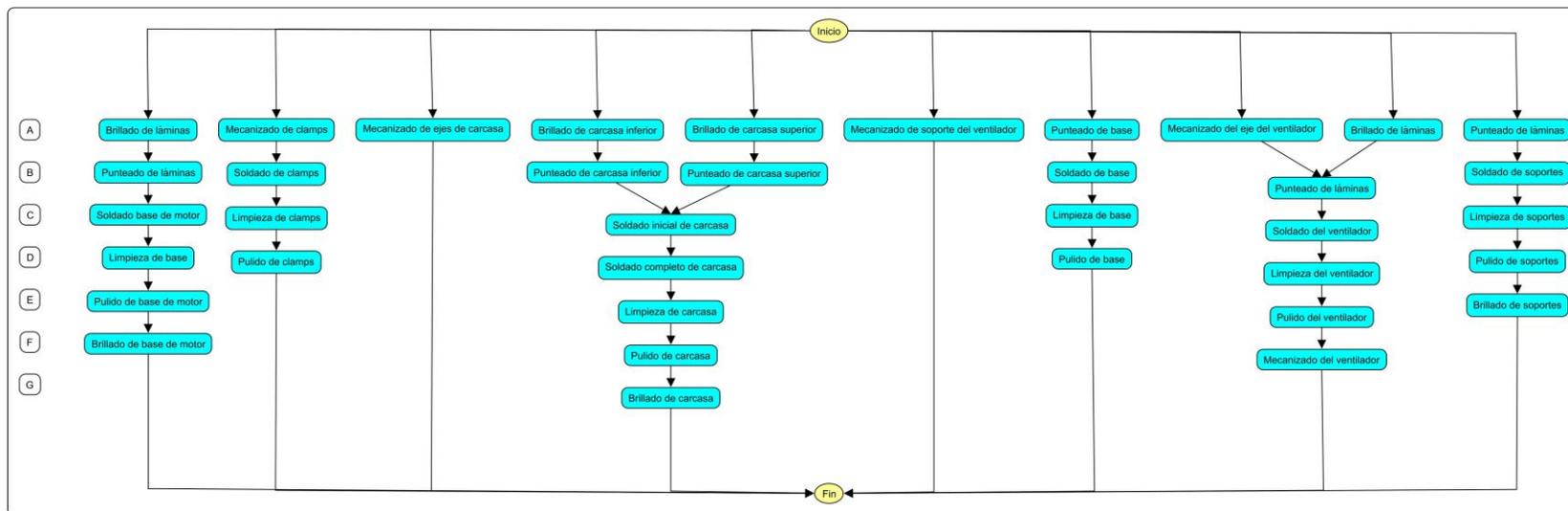
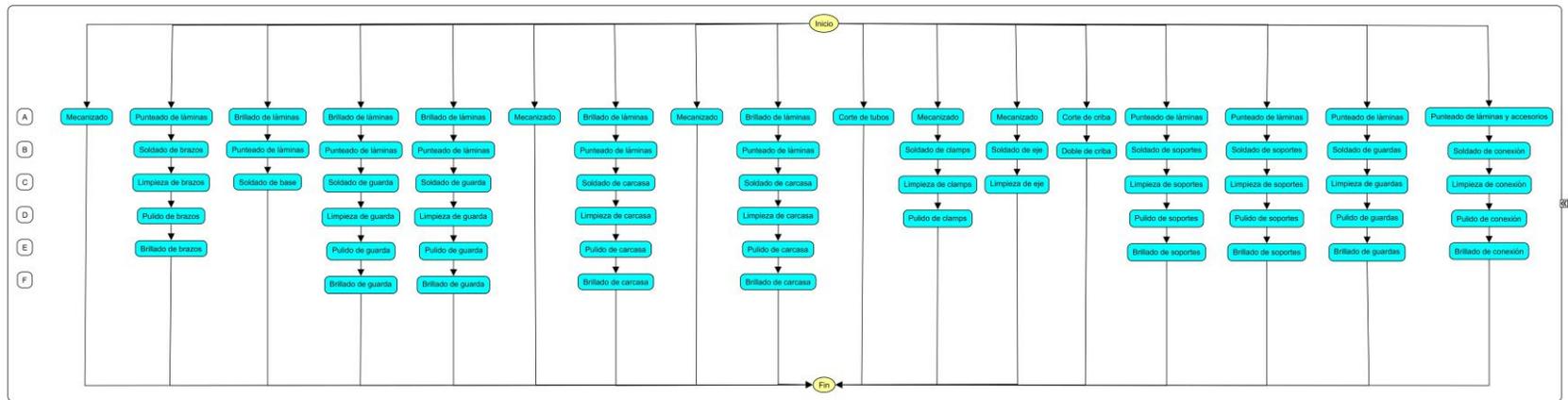


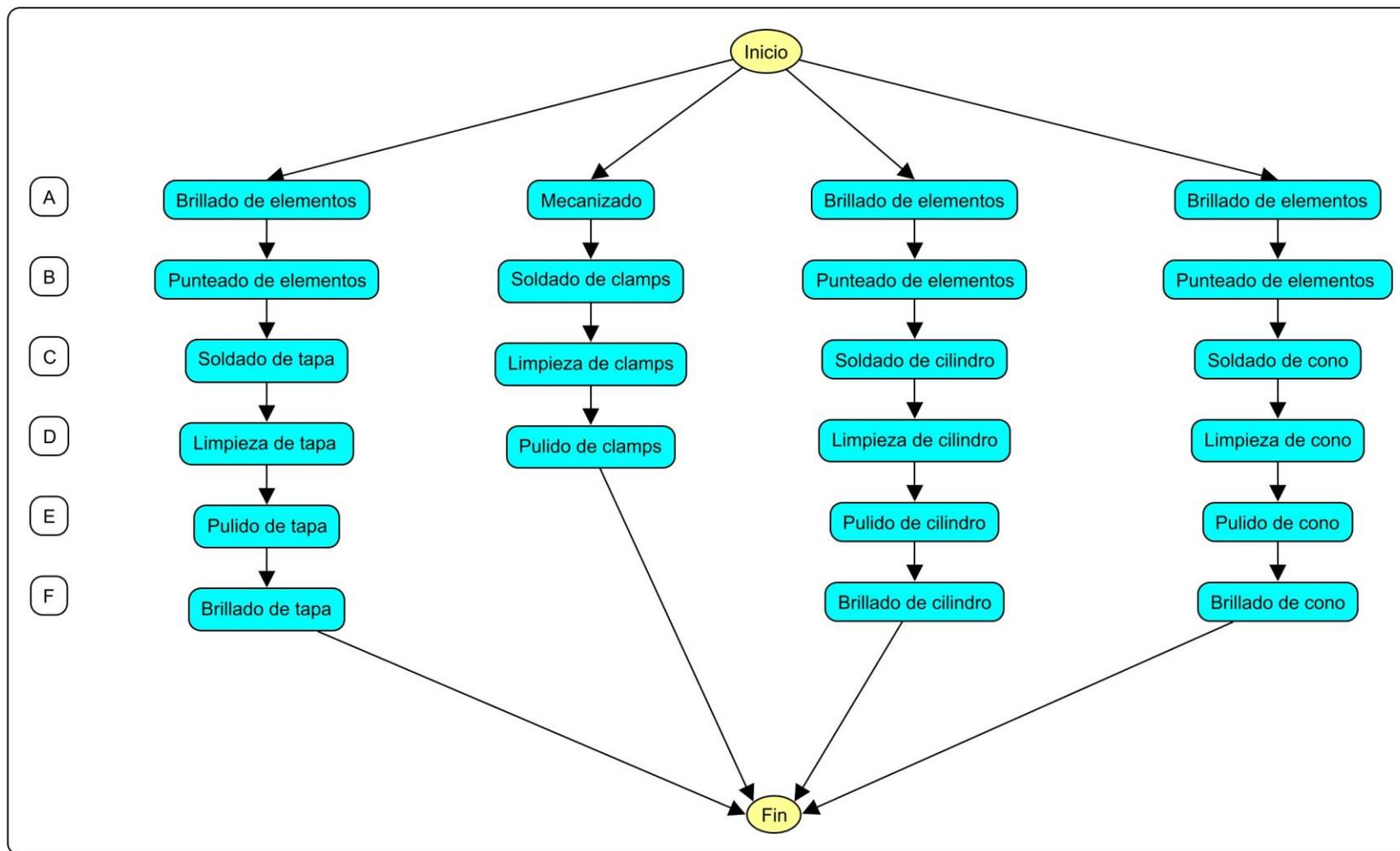
Figura 36. Diagrama de red con niveles Extracción

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

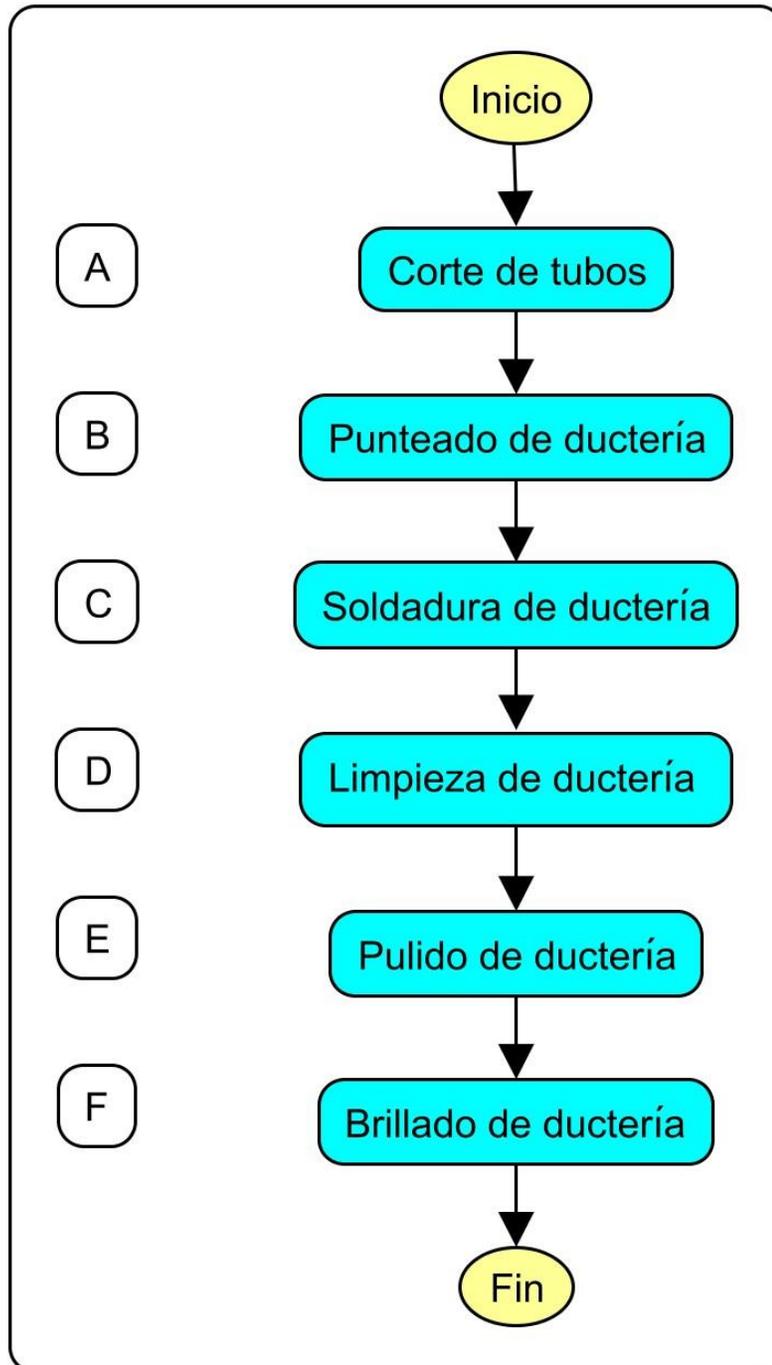


**Figura 37. Diagrama de red con niveles Molienda**

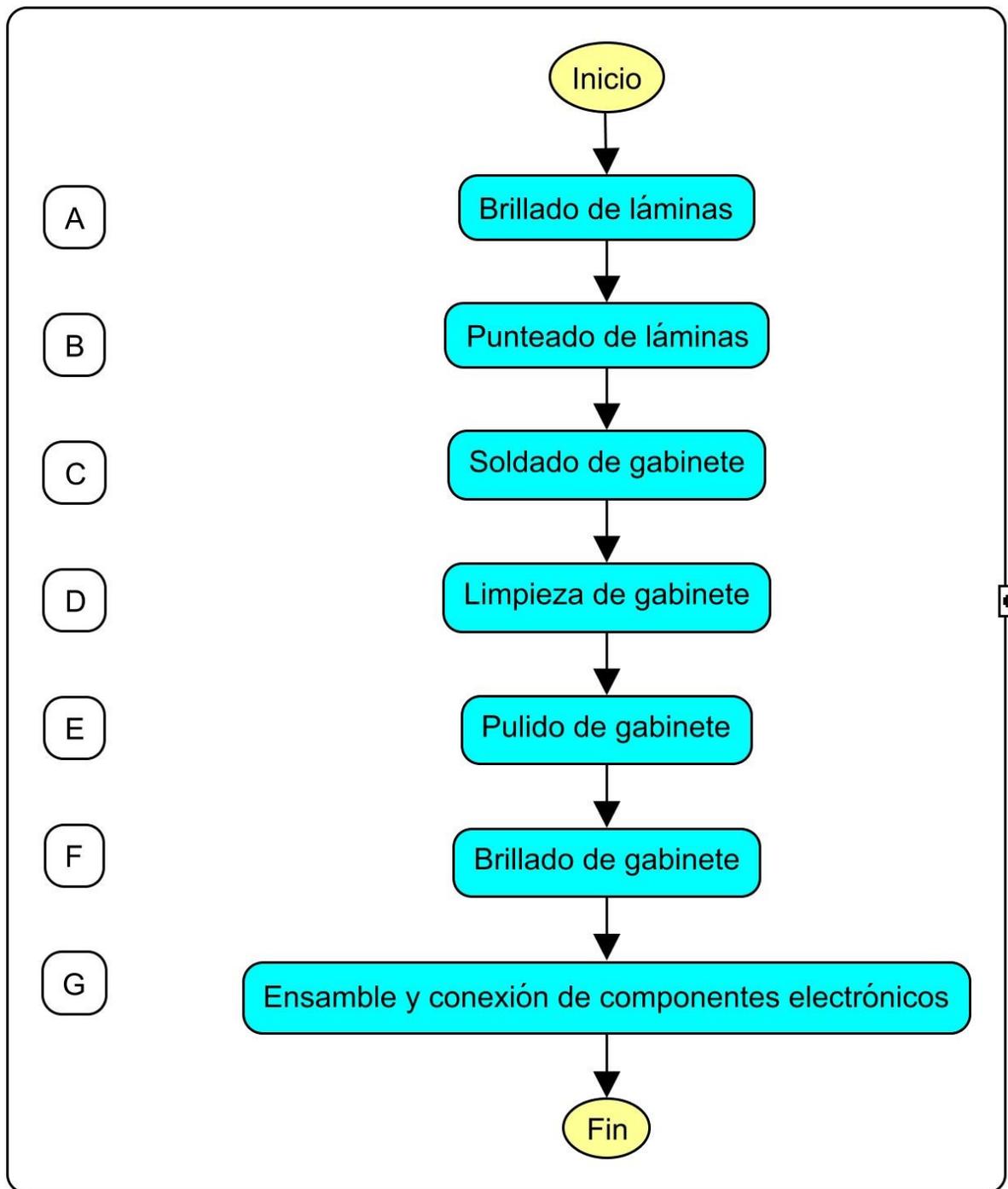
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Figura 38. Diagrama de red con niveles Ciclón**



**Figura 39. Diagrama de red con niveles Ductería**



**Figura 40. Diagrama de red con niveles Gabinete**

2. Tipo de recurso con menor cantidad de operaciones: una vez definidos los niveles, la siguiente regla consiste en programar en primer lugar los tipos de recursos con menor cantidad de operaciones. Los tipos de recursos son: Ajustadores, Soldadores, Mecánicos y Electrónico.
3. Menor tiempo de procesamiento: definido el nivel y el tipo de recurso a programar, se ordenan las operaciones según el tiempo de procesamiento, de menor a mayor, y se programan en este orden.
4. Recurso con menor tiempo acumulado programado: en el caso de los Ajustadores, Soldadores y Mecánicos, que son 2 operarios por cada tipo de recurso, la operación es asignada a aquel que tenga el menor tiempo acumulado programado, es decir, a aquel que primero se encuentre disponible.

#### **Reglas secundarias:**

- En caso de que dos o más operaciones tengan el mismo tiempo de procesamiento, se debe seguir la siguiente escala de prioridad, según el módulo al que corresponda la actividad.
  - o Estructura
  - o Extracción
  - o Ciclón
  - o Ductería
  - o Molienda
  - o Gabinete

Esta jerarquía se realizó priorizando los módulos que son requeridos mayormente para los ensambles y como segundo parámetro se tuvo en cuenta el menor tiempo de procesamiento.

- En caso de que una actividad no pueda ser programada porque sus predecesoras no han sido terminadas, es decir, que el tiempo de finalización de la actividad predecesora es mayor que el tiempo acumulado programado de los recursos, esta quedara pendiente y tendrá prelación de programación cuando sus predecesoras ya estén terminadas, o, en otras palabras, cuando el tiempo acumulado de los recursos sea mayor que el tiempo de finalización de las predecesoras.
- Para programar una operación que requiera más de un recurso, como por ejemplo, 1 ajustador y 1 soldador, se programan todas las operaciones anteriores para ambos recursos, respetando la regla 2 y siguiendo el orden de programación de la regla 3. Ya programadas las operaciones anteriores, se procede a programar la operación compartida asignándose a los recursos con los cuales se generen

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

menores tiempos muertos. Posterior a ello, se continúa programando según la regla 2 y 3. De lo anterior se infiere que las operaciones compartidas nunca quedarán pendientes sino se programan según lo mencionado.

La programación fue realizada en Excel bajo las reglas ya mencionadas y simultáneamente fue ingresada a Project mediante relaciones de precedencia. Para relacionar estos dos archivos fueron utilizados tanto el campo “CÓDIGO” que es la identificación de cada operación en la Tabla de operaciones y el campo “ID” que es la identificación de cada operación que maneja Project.

(VER ANEXO 2: Tabla de operaciones)

En dicha tabla se relaciona cada operación con su respectivo código y nivel designado.

(VER ANEXO 2: Programación)

En esta hoja, resaltado en verde, se encuentra el soporte del proceso de programación. Allí se detalla tanto el nivel, como el orden de programación, el tiempo acumulado de finalización, el ID manejado por Project y la dependencia utilizada para configurar la programación. Filas más abajo se encuentran los diferentes tiempos acumulados para cada uno de los recursos, datos que también fueron utilizados para la programación.

El principal argumento para pasar la programación realizada de Excel a Microsoft Project radica en que este último software posee herramientas especializadas para el control y la administración de proyectos, es decir, entrega diversos tipos de gráficas y estadísticas referentes al proceso de producción del Molino Scortum 300.

La programación ingresada a Project fue revisada y comprobada, y no se encontró ningún tipo de irregularidad o conflicto. Con todo en orden, se dio pasó al uso de todas las herramientas de Project para realizar un informe detallado del proceso de fabricación.

(Ver Anexo 3: Modelo Project – Fabricación – Molino Scortum 300)

En este archivo se encuentra la programación verificada y el informe mencionado. El informe se encuentra dentro de la pestaña informes, y, en informes recientes bajo el nombre “Informe General”.

A continuación, se describen y analizan los datos presentados en el informe:

(Ver Anexo 3: Modelo Project – Fabricación – Molino Scortum 300)

- **Datos generales:**

Este apartado es considerado un resumen del proyecto e incluye la siguiente información: nombre del proyecto, fecha y hora de inicio, fecha y hora de finalización, duración, tiempo de trabajo y costo total del proyecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para el análisis del proyecto se consideró como fecha inicial de fabricación el lunes 29 de octubre de 2018 a las 7:00 a.m. Esta fecha puede ser modificada a criterio de la empresa y el proyecto se actualizará automáticamente a este inicio. Es importante aclarar, que el proyecto se actualiza, pero el informe no, ya que este fue realizado a partir de imágenes. En caso de modificar la fecha de inicio, el informe deberá realizarse nuevamente.

La fecha y hora de finalización es calculada por Project, según la fecha de inicio y la programación ingresada. Para este caso, el molino estaría terminado el jueves 1 de noviembre de 2018 a las 9:35 a.m.

La duración indica los minutos transcurridos desde la fecha de inicio hasta la fecha de fin. Esta duración cuenta únicamente el tiempo dentro de la jornada laboral de la empresa.

El trabajo expresado en minutos indica el tiempo total de trabajo aportado por todos los operarios o recursos. Evidentemente, el trabajo es mayor que la duración ya que la programación avala que los operarios trabajen simultáneamente.

El costo total del proyecto es calculado al relacionar el trabajo de cada recurso con su respectivo costo/h de trabajo. Para este caso, se asumió que todos los operarios devengan 1 salario mínimo, y según el tiempo productivo se estableció una tasa de \$4.215,33/h para cada empleado. Con estos datos, el costo por mano de obra directa del Molino Scortum 300 es de \$443.220,87. He aquí una virtud de Project que permite la inclusión y cálculo de costos en un proyecto.

- **Escala de tiempo:**

Esta imagen muestra temporalmente como se van realizando los diferentes módulos y como son ejecutadas las diferentes operaciones.

- **Tareas programadas y tareas críticas:**

Esta serie de imágenes contiene todas las operaciones que se requieren para realizar el molino. Para cada operación se detalla la duración, la fecha y hora de inicio, la fecha y hora de finalización y su respectiva representación en un diagrama de Gantt, donde además se observa el responsable de la actividad.

Por otro lado, en el diagrama de Gantt son resaltadas en rojo las operaciones críticas. Una operación crítica es aquella que no cuenta con ningún tipo de holgura, es decir, que una demora en su ejecución implica directamente un incremento en el tiempo de finalización del proyecto. Se recomienda a la empresa tener un control exhaustivo sobre estas operaciones críticas para evitar postergar la fecha de finalización del molino.

- **Tareas críticas:**

En este apartado se presenta un resumen de las tareas críticas del proyecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Recursos utilizados:**

Esta tabla presenta información relevante de los recursos involucrados en el proyecto. Los recursos utilizados son: Ajustadores, Soldadores, Mecánicos y Electrónico.

La capacidad máxima indica la cantidad de operarios por recurso. Recordar que son 2 Ajustadores, 2 Soldadores, 2 Mecánicos y 1 Electrónico.

El trabajo corresponde a los minutos trabajados por cada recurso.

El tiempo disponible corresponde a la cantidad de minutos que los recursos estuvieron prestos para trabajar, es decir, es el mismo valor de la duración del proyecto. Para los recursos que tienen 2 operarios, este valor se multiplica por 2 ya que ambos operarios estuvieron disponibles durante la ejecución del proyecto.

Con el tiempo de trabajo y el tiempo disponible, es posible determinar el porcentaje de utilización de los recursos. Esta estadística es muy importante ya que refleja el nivel de aprovechamiento que se le está dando a los recursos, indica precisamente cuanto tiempo los operarios están trabajando y cuánto tiempo se destina a tiempos muertos.

Por último, la tabla también detalla los costos por cada recurso según la tasa explicada anteriormente.

- **Utilización de los recursos:**

En esta grafica son presentados, mediante puntos, los porcentajes de utilización calculados para cada recurso. La barra azul representa el tiempo trabajado y la barra naranja el tiempo disponible. La diferencia entre estas dos barras nos indica el tiempo muerto.

De los porcentajes calculados podemos concluir lo siguiente: los Ajustadores tienen una utilización del 79%, la cual es bastante alta, teniendo en cuenta que son los trabajadores con mayor cantidad de operaciones a cargo. Por otro lado, los Soldadores cuentan con una utilización del 44%, esto debido a que tienen menor cantidad de operaciones a cargo. Los Mecánicos por su parte, tan solo son utilizados el 25% del tiempo, este es el dato más bajo ya que hay 2 Mecánicos y son muy pocas las tareas para ellos. Para finalizar, el electrónico tiene una utilización del 40%, la cual es una cifra aceptable ya que tiene pocas operaciones, pero es solo 1 operario.

Todas estas cifras permiten evaluar la calidad de la programación. y sirven de comparación si se implementa otro tipo de programación.

- **Programación por recurso:**

Este es el resultado más importante respecto a la programación. Se puede considerar como un cronograma para cada uno de los operarios en el cual se indica la totalidad de las tareas que debe realizar para fabricar el Molino Scortum 300. La tabla detalla para cada operación, el orden en que debe realizarse, el código correspondiente en la Tabla de operaciones (para consultar información adicional, si es necesario), el módulo y la pieza a la cual pertenece, así como, la fecha y hora de inicio y la fecha y hora de fin, acompañadas de la duración.

Con estos cronogramas, el jefe de producción podrá olvidarse de asignar tareas frecuentemente y de forma engorrosa; y pasar a realizar únicamente un control del plan elaborado. Project cuenta con varias alternativas para el control del proyecto, permitiendo al administrador realizar ajustes oportunos ante demoras presentadas.

## 7. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS

<b>PRODUCTO ESPERADO</b>	<b>INDICADOR DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>OBSERVACIONES (indique si se logró o no su cumplimiento y por qué)</b>	<b>ENTREGABLE</b>
Tabla de operaciones del proceso estandarizado.	Entrega de la tabla de operaciones del proceso estandarizado.	Esta fue realizada durante el desarrollo del segundo objetivo específico.	Documento de Word, correspondiente al Anexo 1.  Documento de Excel correspondiente al Anexo 2 (Hoja 3).
Graficas de ensamble y diagramas de red del proceso estandarizado.	Entrega de las gráficas de ensamble y diagramas de red del proceso estandarizado.	Estas fueron realizadas durante el desarrollo del segundo objetivo específico.	Imágenes incluidas en el capítulo 3 y 4 de este documento.
Memoria de cálculos utilizados para determinar los datos estándares y los tiempos estándar de las operaciones.	Entrega de la memoria de cálculos utilizados para determinar los datos estándares y los tiempos estándar de las operaciones.	Esta fue realizada durante el desarrollo del segundo objetivo específico.	Documento de Excel correspondiente al Anexo 2 (Hoja 1 y Hoja 2).
Memoria de cálculos utilizados para la programación manual de las operaciones.	Entrega de la memoria de cálculos utilizados para la programación manual de las operaciones.	Esta fue realizada durante el desarrollo del tercer objetivo específico.	Documento de Excel correspondiente al Anexo 2 (Hoja 4)
Modelo de Project con la programación propuesta.	Entrega del modelo de Project con la programación propuesta.	Este es el resultado final del trabajo y fue realizado durante el desarrollo del tercer objetivo específico.	Documento de Project correspondiente al Anexo 3.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Informe de la programación propuesta.	Entrega del informe de la programación propuesta.	Corresponde a los resultados arrojados por Project. Fue realizado durante el desarrollo del tercer objetivo específico.	El informe completo se encuentra en el documento de Project correspondiente al Anexo 3. Sin embargo, dichos resultados también son tratados en el capítulo 4 de este documento y, a partir de la hoja 5 en el documento de Excel correspondiente al Anexo 2.
Modelo de Project sin programar.	Entrega del modelo de Project sin programar.	Fue la base utilizada para ingresar la programación propuesta y puede ser utilizada para ingresar cualquier otra. Fue realizado durante el desarrollo del tercer objetivo específico.	Documento de Project correspondiente al Anexo 4.

**Tabla 2. Productos, Resultados y Entregables**

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Toda la información recopilada durante el desarrollo de este trabajo es de gran valor para la compañía pues constituye los primeros archivos documentales de su actividad productiva. Incluso a futuro, dichos datos pueden convertirse en la base de otros proyectos ya que la metodología aplicada es completamente replicable en todo su portafolio de productos.
- Se recomienda a la empresa realizar una prueba piloto de la programación propuesta con el fin de validar la precisión de los tiempos estimados y comprobar el rendimiento del programa de producción.
- Según el diagnóstico realizado y las diferentes visitas hechas a la planta, se evidencia notablemente la falta de gestión de los procesos productivos, toda vez que la empresa se preocupa principalmente por la mejora del diseño de los productos, dejando de lado todo lo referente al proceso productivo. Por ende, se sugiere, el diseño de políticas que promuevan el interés y la mejora de los procesos productivos.

## REFERENCIAS

- Aldana de Vega, L. A., Álvarez Builes, M. P., Bernal Torres, C. A., Díaz Becerra, M. I., González Soler, C. E., Galindo Uribe, Ó. D., & Villegas Cortés, A. (2011). Administración por calidad. In *Administración por calidad* (1st ed., p. 24). Chía, Cundinamarca, Colombia: Alfaomega. Retrieved from [https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/26766/ADM\\_POR\\_LA\\_CALIDAD\\_ARCHIVOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/26766/ADM_POR_LA_CALIDAD_ARCHIVOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Álvarez M., J., Inche M., J., & Salvador W., G. (2004). Programación de operaciones mediante la teoría de restricciones. *Industrial Data, Revista de Investigación.*, 7, 8.
- Barreto Dillon, L. (2018). Análisis con el Arbol de Problemas. *Sswm*, 1. Retrieved from <https://sswm.info/es/planning-and-programming/decision-making/situation-and-problem-analysis/problem-tree-analysis>
- Buffa, E. S., & Sarin, R. K. (1992). *Administración de la producción y de las operaciones*. México, D.F.: Limusa.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (n.d.). Diseño y selección de procesos. *Universidad Nacional De Mar Del Plata*, 23. Retrieved from [http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08\\_diseno\\_procesos.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf)
- Cativa, D., Denaro, D., Zabert, B., & Novas, J. M. (n.d.). Introducción a la programación de operaciones por heurísticos: una propuesta interactiva. *GIMSE - Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional Maestro M. Lopez Esq*, 10. Retrieved from [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2015/trabajos/F016\\_COINI2015.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2015/trabajos/F016_COINI2015.pdf)
- Dávila Sánchez, M. Á., & Martínez López, P. (2003). *Programa de planeación de la producción en una empresa de manufactura*. Universidad de las Américas Puebla. Retrieved from [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/davila\\_s\\_ma/resumen.html#](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/davila_s_ma/resumen.html#)
- Domínguez Machuca, J. A., García González, S., Ruíz Jiménez, A., Domínguez Machuca, M. A., & Alvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de operaciones - Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. (M. J. Norte, Ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Herrera Ramírez, M. M. (2011). Programación de la producción. *Revista Virtual Pro*, 111, 2. Retrieved from <http://www.revistavirtualpro.com/editoriales/20110401-ed.pdf>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (n.d.). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/314316441/Ingenieria-Industrial-de-Niebel>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Ortiz Triana, V. K., & Caicedo Rolón, Á. J. (2014). Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado en Colombia, XXXV(2), 16. Retrieved from <http://ref.scielo.org/cfygyz>
- Pardo Álvarez, J. M. (2013). *Configuración y usos de un mapa de procesos*. Madrid: AENOR. Retrieved from <https://read.amazon.com/?asin=B075CNTJCG>
- Romero Romero, R., Poblete Grandón, M., & Baesler Abufarde, F. (2004). Modelo de programación de la producción para la industria del aserrío. *Revista Ingeniería Industrial, Universidad Del Bío-Bío*, 1, 6. Retrieved from <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/viewFile/140/131>
- Rosas Tomás, F. (2013). *Diseño conceptual de soluciones multimediales en el manejo y enseñanza de contenidos de lengua y cultura p'urhépecha*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Retrieved from <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/2905/599418.pdf?sequence=1>
- Sempere Ripoll, F. (2006). Marco conceptual de clasificación de las técnicas de determinación de estándares de tiempo (WS-framework), 10. Retrieved from [http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/gestion\\_produccion//000017\\_final.pdf](http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2006/gestion_produccion//000017_final.pdf)
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones* (7a. edición). México, D.F.: Person Educación. Retrieved from <https://vagosuatfis.files.wordpress.com/2012/07/thaja-investigacion-de-operaciones-by-k9.pdf>
- UNESCO. (2017). Arbol de problemas. Retrieved from <http://www.unesco.org/new/es/culture/themes/cultural-diversity/diversity-of-cultural-expressions/tools/policy-guide/planificar/diagnosticar/arbol-de-problemas/>
- Vergara Portela, R. (2007). La planeación y la programación de la producción en la Pyme como factor de desarrollo. *Avances. Investigación En Ingeniería*.

## **ANEXOS**

- Anexo 1: Tabla de operaciones - Molino Scortum 300 (Documento de Word)
- Anexo 2: Datos estándares – Tabla de operaciones – Programación – Resultados Project (Documento de Excel)
- Anexo 3: Modelo Project – Fabricación – Molino Scortum 300 (Documento de Project)
- Anexo 4: Modelo de Project sin programar (Documento de Project)