



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE  
PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE  
GUATEMALA**

**Marco Roberto Solis Palma**

Asesorado por el Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE  
PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARCO ROBERTO SOLIS PALMA**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ HAROLDO PERDOMO RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez      |
| VOCAL V    | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco           |
| EXAMINADORA | Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López |
| EXAMINADOR  | Ing. Alberto Eulalio Hernández García        |
| EXAMINADOR  | Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí                |
| SECRETARIA  | Inga. Lesbia Magalí Herrera López            |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de enero de 2017.

**Marco Roberto Solis Palma**

Guatemala, 31 de julio de 2017

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable señor director:

Me dirijo a usted para informarle que a la presente fecha he revisado y aprobado el trabajo de graduación, titulado:

**“ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE GUATEMALA”**

Del estudiante universitario **MARCO ROBERTO SOLIS PALMA**, con número de carné estudiantil 2013-14628, de quien estoy fungiendo como asesor.

Sin otro particular me suscribo atentamente,

  
*Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez*  
MECANICO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 10,000

Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez  
Colegiado 10,000



REF.REV.EMI.120.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Marco Roberto Solis Palma**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.176.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Marco Roberto Solis Palma**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.507-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIOS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PERFORADORA DE VIDRIO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPRESA DE VIDRIO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Marco Roberto Solis Palma**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Bolanco  
Decano



Guatemala, octubre de 2017

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por estar presente en los buenos momentos y ser el apoyo que necesito en los malos momentos. Por mantener unida y protegida a mi familia.

### **Mi familia**

Por preocuparse por mi salud y bienestar y por apoyarme en toda actividad relacionada a la superación académica. Porque sin ellos habría sido más complicado alcanzar mis metas y logros. A ustedes les doy gracias por demostrarme que, a pesar de las circunstancias, siempre es posible salir adelante y superarse, sin necesidad de dejar de ser una persona de bien.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por proporcionar un ambiente sano y adecuado para la formación académica de la población guatemalteca. Por educar y creer en las personas de Guatemala que tanto lo necesitan.                                                                                                                                                                                |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por su constante esfuerzo de velar por el cumplimiento de los programas de estudio, por preocuparse por una educación completa, por implementar mejoras constantes respecto a los procesos administrativos y por ser el medio de comunicación de los estudiantes con las autoridades de la universidad. Por apoyarme en la realización del presente proyecto. |
| <b>Mis amigos y amigas de la Facultad</b>     | Por estar presentes en los momentos buenos y malos, por ser una fuente de motivación y fuerza para dar siempre lo mejor de mí mismo en los momentos en que el triunfo no era tan claro. Por hacer de mi superación académica una época agradable de recordar. Muchas gracias, les guardo mucho cariño y respeto.                                              |
| <b>Asesores</b>                               | Por guiarme en la realización de este proyecto y por el tiempo, tan valioso, que me dedicaron.                                                                                                                                                                                                                                                                |

## ÍNDICE GENERAL

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....              | IX    |
| LISTA DE SÍMBOLOS.....                    | XIII  |
| GLOSARIO.....                             | XV    |
| RESUMEN.....                              | XIX   |
| OBJETIVOS.....                            | XXI   |
| INTRODUCCIÓN.....                         | XXIII |
| <br>                                      |       |
| 1. INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA..... | 1     |
| 1.1. Ubicación.....                       | 1     |
| 1.1.1. Dirección.....                     | 1     |
| 1.1.2. Coordenadas.....                   | 1     |
| 1.1.3. Mapa.....                          | 1     |
| 1.2. Línea de tiempo de la empresa.....   | 2     |
| 1.3. Actividades.....                     | 3     |
| 1.3.1. Ventas.....                        | 3     |
| 1.3.2. Asesoría.....                      | 3     |
| 1.3.3. Distribución.....                  | 3     |
| 1.3.4. Procesado de vidrio.....           | 3     |
| 1.4. Organización (organigrama).....      | 4     |
| 1.4.1. Departamento de Operaciones.....   | 4     |
| 1.4.1.1. Logística.....                   | 5     |
| 1.4.1.2. Producción.....                  | 5     |
| 1.4.2. Departamento Administrativo.....   | 5     |
| 1.4.2.1. Contabilidad.....                | 6     |
| 1.4.2.2. Recursos Humanos.....            | 6     |

|      |            |                                                                |    |
|------|------------|----------------------------------------------------------------|----|
|      | 1.4.2.3.   | Sistemas.....                                                  | 6  |
|      | 1.4.3.     | Departamento Técnico .....                                     | 6  |
|      | 1.4.3.1.   | Arquitectura .....                                             | 7  |
|      | 1.4.4.     | Departamento de Comercialización.....                          | 7  |
|      | 1.4.4.1.   | Ventas .....                                                   | 7  |
| 1.5. |            | Misión.....                                                    | 7  |
| 1.6. |            | Visión .....                                                   | 7  |
| 1.7. |            | Valores.....                                                   | 8  |
| 2.   |            | MARCO TEÓRICO .....                                            | 9  |
| 2.1. |            | Estudio de factibilidad .....                                  | 9  |
|      | 2.1.1.     | Concepto de estudio de factibilidad .....                      | 9  |
|      | 2.1.2.     | Pasos para realizar un estudio de factibilidad.....            | 10 |
|      | 2.1.2.1.   | Identificación de la necesidad .....                           | 10 |
|      | 2.1.2.2.   | Análisis técnico.....                                          | 10 |
|      | 2.1.2.2.1. | Análisis económico .....                                       | 11 |
|      | 2.1.3.     | Evaluación de resultados.....                                  | 12 |
|      | 2.1.4.     | Toma de decisión .....                                         | 12 |
| 2.2. |            | Estudio técnico.....                                           | 13 |
|      | 2.2.1.     | Diagramas de proceso .....                                     | 13 |
|      | 2.2.1.1.   | Diagrama de operaciones.....                                   | 14 |
|      | 2.2.1.2.   | Diagrama de recorrido .....                                    | 15 |
|      | 2.2.1.3.   | Diagrama de flujo de operaciones .....                         | 15 |
|      | 2.2.2.     | Indicadores de eficiencia y eficacia .....                     | 16 |
|      | 2.2.3.     | Medición de trabajo .....                                      | 16 |
|      | 2.2.3.1.   | Técnicas para realizar una medición<br>de trabajo.....         | 17 |
|      | 2.2.3.2.   | Equipo necesario para realizar la<br>medición de tiempos ..... | 18 |

|        |          |                                                                      |    |
|--------|----------|----------------------------------------------------------------------|----|
|        | 2.2.3.3. | Estudio de tiempos.....                                              | 19 |
| 2.2.4. |          | Evaluación de productividad .....                                    | 20 |
|        | 2.2.4.1. | Criterios de análisis de productividad ...                           | 21 |
|        | 2.2.4.2. | Factores que limitan la productividad ...                            | 21 |
|        | 2.2.4.3. | División de la productividad dentro<br>de una misma empresa.....     | 22 |
|        | 2.2.4.4. | Productividad en la industria .....                                  | 22 |
| 2.3.   |          | Máquinas perforadoras de vidrio.....                                 | 23 |
| 2.3.1. |          | Taladradoras.....                                                    | 23 |
|        | 2.3.1.1. | Verticales .....                                                     | 23 |
|        | 2.3.1.2. | Horizontales .....                                                   | 25 |
| 2.3.2. |          | <i>Sand-Blast</i> .....                                              | 26 |
|        | 2.3.2.1. | Verticales .....                                                     | 26 |
|        | 2.3.2.2. | Horizontales .....                                                   | 28 |
| 2.4.   |          | Estudio económico .....                                              | 29 |
| 2.4.1. |          | Conceptos básicos.....                                               | 29 |
|        | 2.4.1.1. | Tasa de interés .....                                                | 29 |
|        | 2.4.1.2. | Tasa de rendimiento.....                                             | 30 |
|        | 2.4.1.3. | Interés simple y compuesto.....                                      | 30 |
|        | 2.4.1.4. | Tasa mínima atractiva de<br>rendimiento .....                        | 31 |
|        | 2.4.1.5. | Los flujos de efectivo como las<br>entradas y salidas de dinero..... | 31 |
| 2.4.2. |          | Relación entre interés y tiempo con el dinero.....                   | 32 |
|        | 2.4.2.1. | Valor presente.....                                                  | 32 |
|        | 2.4.2.2. | Tasa interna de retorno (TIR).....                                   | 33 |
| 2.4.3. |          | Evaluación de alternativas .....                                     | 33 |
|        | 2.4.3.1. | Análisis de valor presente neto .....                                | 34 |
|        | 2.4.3.2. | Análisis del valor anual.....                                        | 34 |

|            |                                                                        |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.3.3.   | Análisis de rendimiento con alternativa única o múltiple .....         | 35 |
| 2.4.3.4.   | Toma de decisión .....                                                 | 36 |
| 2.4.3.4.1. | Comparación de alternativas mutuamente excluyentes.....                | 36 |
| 2.4.3.4.2. | TMAR y costo de capital .....                                          | 37 |
| 2.4.3.4.3. | Determinación de TMAR y costo de capital .....                         | 38 |
| 2.5.       | Montaje, instalación y conservación industrial .....                   | 38 |
| 2.5.1.     | Montaje industrial .....                                               | 39 |
| 2.5.1.1.   | Determinación de características técnicas de la máquina a montar ..... | 39 |
| 2.5.1.2.   | Evaluación de servicios industriales.....                              | 40 |
| 2.5.1.3.   | Estudio de cimentación .....                                           | 40 |
| 2.5.1.4.   | Análisis de distribución .....                                         | 40 |
| 2.5.1.5.   | Equipo necesario para el montaje.....                                  | 41 |
| 2.5.2.     | Instalación industrial .....                                           | 42 |
| 2.5.3.     | Conservación industrial .....                                          | 42 |
| 2.5.3.1.   | Concepto de conservación .....                                         | 42 |
| 2.5.3.2.   | Preservación y mantenimiento.....                                      | 43 |
| 2.5.4.     | Herramientas para administrar la conservación industrial .....         | 44 |
| 2.5.4.1.   | Índice ICGM.....                                                       | 45 |
| 2.5.4.2.   | Costo mínimo de conservación .....                                     | 48 |

|    |          |                                                                  |    |
|----|----------|------------------------------------------------------------------|----|
|    | 2.5.4.3. | Planeación de conservación industrial.....                       | 50 |
| 3. |          | ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO.....                                 | 51 |
|    | 3.1.     | Diagramas de proceso.....                                        | 51 |
|    |          | 3.1.1. Diagrama de operaciones .....                             | 51 |
|    |          | 3.1.2. Diagrama de recorrido .....                               | 57 |
|    |          | 3.1.3. Diagrama de flujo de operaciones.....                     | 57 |
|    | 3.2.     | Medición del trabajo.....                                        | 61 |
|    |          | 3.2.1. Estudio de tiempos .....                                  | 61 |
|    |          | 3.2.2. Capacidad de producción .....                             | 66 |
|    | 3.3.     | Análisis de demanda .....                                        | 71 |
|    |          | 3.3.1. Tabulación de datos históricos.....                       | 71 |
|    |          | 3.3.2. Comparación de demanda con capacidad de producción .....  | 72 |
|    | 3.4.     | Evaluación de indicadores de eficiencia y eficacia.....          | 76 |
|    |          | 3.4.1. Análisis de la producción esperada.....                   | 76 |
|    |          | 3.4.2. Evaluación de eficiencia y eficacia.....                  | 78 |
|    | 3.5.     | Evaluación de productividad .....                                | 82 |
|    |          | 3.5.1. División de productividad dentro de la empresa .....      | 82 |
|    |          | 3.5.2. Análisis de productividad industrial .....                | 83 |
|    | 3.6.     | Resumen de factibilidad técnica .....                            | 84 |
| 4. |          | EVALUACIÓN ECONÓMICA .....                                       | 89 |
|    | 4.1.     | Determinación de alternativas .....                              | 89 |
|    | 4.2.     | Investigación de costos correspondientes a cada alternativa...90 |    |
|    |          | 4.2.1. Inversión inicial .....                                   | 90 |
|    |          | 4.2.2. Costos de servicio.....                                   | 91 |
|    |          | 4.2.2.1. Electricidad .....                                      | 91 |

|      |          |                                                                       |     |
|------|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
|      | 4.2.2.2. | Mano de obra .....                                                    | 94  |
|      | 4.2.2.3. | Materiales de consumo .....                                           | 97  |
| 4.3. |          | Evaluación de alternativas.....                                       | 97  |
|      | 4.3.1.   | Análisis del valor presente neto .....                                | 97  |
|      | 4.3.2.   | Análisis de rendimiento de cada alternativa.....                      | 101 |
|      | 4.3.3.   | Comparación de alternativas .....                                     | 103 |
| 4.4. |          | Resumen de factibilidad económica .....                               | 105 |
| 5.   |          | DISEÑO DE PLAN DE MONTAJE E INSTALACIÓN .....                         | 109 |
|      | 5.1.     | Planificación de montaje .....                                        | 109 |
|      |          | 5.1.1. Determinación de área a utilizar .....                         | 110 |
|      |          | 5.1.2. Evaluación de cimentación .....                                | 111 |
|      |          | 5.1.3. Determinación de equipo a utilizar.....                        | 116 |
|      |          | 5.1.4. Procedimiento de montaje .....                                 | 117 |
|      | 5.2.     | Plan de instalación .....                                             | 119 |
|      |          | 5.2.1. Determinación de equipo necesario para la<br>instalación ..... | 119 |
|      |          | 5.2.2. Procedimiento de instalación.....                              | 120 |
| 6.   |          | DISEÑO DE PLAN DE CONSERVACIÓN .....                                  | 123 |
|      | 6.1.     | Definición de actividades de mantenimiento preventivo .....           | 123 |
|      | 6.2.     | Cálculo del índice ICGM.....                                          | 125 |
|      | 6.3.     | Determinación de plan de mantenimiento .....                          | 126 |
|      |          | 6.3.1. Registros de mantenimiento .....                               | 127 |
|      |          | 6.3.2. Programa de control para el mantenimiento<br>preventivo.....   | 129 |
|      |          | 6.3.3. Costos de mantenimiento .....                                  | 137 |
|      |          | CONCLUSIONES .....                                                    | 141 |
|      |          | RECOMENDACIONES .....                                                 | 143 |

BIBLIOGRAFÍA.....145



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |                                                                      |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.  | Ubicación de la empresa utilizando Google Maps .....                 | 2   |
| 2.  | Organigrama de la empresa.....                                       | 4   |
| 3.  | Hoja de observaciones para realizar un estudio de tiempos.....       | 19  |
| 4.  | Máquina perforadora de vidrio de tipo vertical CNC - TV 4C .....     | 24  |
| 5.  | Máquina perforadora de vidrio de tipo horizontal JFO-2 .....         | 25  |
| 6.  | Máquina de corte de vidrio J1000D .....                              | 27  |
| 7.  | Máquina perforadora de vidrio CNC JFDS200 .....                      | 28  |
| 8.  | Concepto gráfico del valor presente .....                            | 33  |
| 9.  | Diagrama de operaciones del área de corte.....                       | 52  |
| 10. | Diagrama de operación del área de pulido .....                       | 54  |
| 11. | Diagrama de operación del área de perforación.....                   | 56  |
| 12. | Diagrama de recorrido del Departamento de Producción .....           | 57  |
| 13. | Diagrama de flujo de operaciones del área de corte .....             | 58  |
| 14. | Diagrama de flujo de operaciones del área de pulido.....             | 59  |
| 15. | Diagrama de flujo de operaciones del área de perforación.....        | 60  |
| 16. | Flujo de efectivo de la alternativa 1 .....                          | 98  |
| 17. | Flujo de efectivo de la alternativa 2 .....                          | 100 |
| 18. | Cálculo de la TIR utilizando una hoja de cálculo en Excel .....      | 102 |
| 19. | Área de distribución de peso de la máquina.....                      | 110 |
| 20. | Formato propuesto para el registro de mantenimiento preventivo ..... | 128 |
| 21. | Hoja de inicio del programa propuesto .....                          | 130 |
| 22. | Hoja de maquinaria de mantenimiento preventivo propuesto .....       | 132 |
| 23. | Formato propuesto para las hojas de control de máquina .....         | 134 |

|     |                                                                      |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 24. | Formato propuesto para las hojas de registros de mantenimiento ..... | 135 |
| 25. | Formato propuesto para las hojas de bitácora .....                   | 136 |
| 26. | Formato propuesto para la hoja de inventario .....                   | 137 |
| 27. | Organigrama propuesto para la mano de obra de mantenimiento .....    | 138 |

## TABLAS

|       |                                                                                     |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Simbología para diagramas de proceso.....                                           | 13 |
| II.   | Especificaciones de máquina perforadora de vidrio de tipo vertical CNC – TV 4C..... | 24 |
| III.  | Especificaciones de máquina perforadora de vidrio de tipo horizontal JFO-2 .....    | 25 |
| IV.   | Especificaciones de máquina de corte de vidrio CNC J1000D.....                      | 27 |
| V.    | Especificaciones de máquina de corte de vidrio CNC JFDS2000 .....                   | 28 |
| VI.   | Método recomendado para comparar alternativas mutuamente excluyentes.....           | 37 |
| VII.  | Factores de equipo y trabajo con sus respectivas variables .....                    | 46 |
| VIII. | Clasificación para código de máquina.....                                           | 47 |
| IX.   | Clasificación para código de trabajo .....                                          | 48 |
| X.    | Resumen del diagrama de operaciones del área de corte .....                         | 53 |
| XI.   | Resumen del diagrama de operaciones del área de pulido.....                         | 54 |
| XII.  | Resumen del diagrama de operaciones del área de perforación .....                   | 56 |
| XIII. | Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de corte.....                 | 59 |
| XIV.  | Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de pulido .....               | 60 |
| XV.   | Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de perforación.....           | 61 |
| XVI.  | Toma de tiempo en segundos del área de corte .....                                  | 62 |
| XVII. | Toma de tiempo en segundos del área de pulido .....                                 | 63 |

|          |                                                                                                                             |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| XVIII.   | Toma de tiempo en segundos del área de perforación.....                                                                     | 64 |
| XIX.     | Producción del área de corte.....                                                                                           | 66 |
| XX.      | Volumen de cada pieza trabajada en el área de corte.....                                                                    | 67 |
| XXI.     | Producción del área de pulido .....                                                                                         | 68 |
| XXII.    | Volumen de cada pieza trabajada en el área de pulido .....                                                                  | 69 |
| XXIII.   | Dimensiones de las piezas procesadas en el área de perforación .....                                                        | 70 |
| XXIV.    | Volumen de cada pieza trabajada en el área de perforación.....                                                              | 70 |
| XXV.     | Tabulación de datos históricos de la demanda de producto .....                                                              | 71 |
| XXVI.    | Producción mensual realizada en los años 2015 y 2016 .....                                                                  | 73 |
| XXVII.   | Porcentaje de volumen no producido .....                                                                                    | 75 |
| XXVIII.  | Demanda histórica mensual de producto .....                                                                                 | 76 |
| XXIX.    | Tiempo utilizado durante una hora de trabajo por operarios,<br>ayudantes y maquinaria en las tres áreas de producción ..... | 79 |
| XXX.     | Índice de eficiencia de los operadores, ayudantes y maquinaria .....                                                        | 80 |
| XXXI.    | Producción mensual de producto .....                                                                                        | 80 |
| XXXII.   | Productividad de los operarios de máquina, ayudantes y<br>maquinaria del área de corte, pulido y perforación .....          | 84 |
| XXXIII.  | Tiempo utilizado durante una hora de trabajo .....                                                                          | 85 |
| XXXIV.   | Capacidad de producción por área .....                                                                                      | 85 |
| XXXV.    | Resultados del índice de eficiencia del departamento de producción...                                                       | 86 |
| XXXVI.   | Resultados de la evaluación de productividad.....                                                                           | 87 |
| XXXVII.  | Especificaciones técnicas de la máquina JFO-V2500 .....                                                                     | 91 |
| XXXVIII. | Consumo eléctrico mensual de la maquinaria del Departamento de<br>Producción.....                                           | 92 |
| XXXIX.   | Consumo eléctrico mensual de la maquinaria del Departamento de<br>Producción más la nueva máquina .....                     | 94 |
| XL.      | Mano de obra disponible para el Departamento de Producción .....                                                            | 95 |
| XLI.     | Salario mensual de la mano de obra del Departamento de<br>Producción.....                                                   | 95 |

|         |                                                                                                                                                      |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| XLII.   | Total a pagar por mano de obra en el Departamento de Producción con la alternativa 1.....                                                            | 96  |
| XLIII.  | Total a pagar por mano de obra en el Departamento de Producción con la alternativa 2.....                                                            | 96  |
| XLIV.   | Funciones utilizadas en hoja de cálculo Excel para determinación de TIR y VPN .....                                                                  | 102 |
| XLV.    | Factores que afectan la evaluación económica de las alternativas ....                                                                                | 103 |
| XLVI.   | Resumen de factores de factibilidad económica .....                                                                                                  | 107 |
| XLVII.  | Especificaciones técnicas de la máquina perforadora de vidrio con control PLC (JFO-V2500) .....                                                      | 109 |
| XLVIII. | Carga permisible y coeficiente de compresión dependiendo del tipo de suelo.....                                                                      | 111 |
| XLIX.   | Asentamiento para diseño de mezclas .....                                                                                                            | 113 |
| L.      | Cantidad de agua para asentamiento .....                                                                                                             | 114 |
| LI.     | Resistencia del concreto versus relación de agua/cemento .....                                                                                       | 114 |
| LII.    | Porcentaje de agregado fino .....                                                                                                                    | 115 |
| LIII.   | Resumen de cimiento propuesto .....                                                                                                                  | 116 |
| LIV.    | Descripción de equipos de la línea de producción .....                                                                                               | 125 |
| LV.     | Condiciones para el Formato Condicional de la columna "Tipo de mantenimiento" en la hoja de maquinaria del programa de mantenimiento propuesto ..... | 131 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>           | <b>Significado</b>                |
|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>cm</b>                | Centímetro                        |
| <b>h</b>                 | Hora                              |
| <b>kg</b>                | Kilogramo                         |
| <b>kg/cm<sup>2</sup></b> | Kilogramo por centímetro cuadrado |
| <b>kg/cm<sup>3</sup></b> | Kilogramo por centímetro cúbico   |
| <b>kg/m<sup>2</sup></b>  | Kilogramo por metro cuadrado      |
| <b>KWh</b>               | Kilowatts por hora                |
| <b>m<sup>3</sup></b>     | Metros cúbicos                    |
| <b>m<sup>3</sup>/h</b>   | Metros cúbicos por hora           |
| <b>m<sup>3</sup>/mes</b> | Metros cúbicos por mes            |
| <b>mm</b>                | Milímetros                        |
| <b>mm<sup>2</sup></b>    | Milímetros cuadrados              |
| <b>mm<sup>3</sup></b>    | Milímetros cúbicos                |
| <b>min</b>               | Minuto                            |
| <b>min/h</b>             | Minutos por hora                  |
| <b>N/A</b>               | No aplica condición               |
| <b>Mpa</b>               | Presión neumática                 |
| <b>%</b>                 | Porcentaje                        |
| <b>Kw</b>                | Potencia en Kilowatts             |
| <b>Q.</b>                | Quetzales                         |
| <b>Seg</b>               | Segundo                           |
| <b>V</b>                 | Voltaje                           |



## GLOSARIO

|                    |                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Adquisición</b> | Acción de comprar y poseer algo.                                                           |
| <b>Alternativa</b> | Opción a escoger entre dos o más opciones.                                                 |
| <b>Asesoría</b>    | Información que se otorga respecto a algún tema del que se tiene conocimientos especiales. |
| <b>Cimentación</b> | Base sobre la cual se asienta un edificio.                                                 |
| <b>CNC</b>         | Control Numérico de Computadora                                                            |
| <b>Coordenada</b>  | Posición de un punto u objeto en un plano.                                                 |
| <b>Costo</b>       | Desembolso realizado con el fin de obtener beneficios del mismo.                           |
| <b>Correctivo</b>  | Para señalar una acción que corrige o mejora.                                              |
| <b>Demanda</b>     | Acción de solicitar o exigir algo.                                                         |
| <b>Eficacia</b>    | Relación entre el cumplimiento de objetivos con los objetivos propuestos.                  |
| <b>Eficiencia</b>  | Relación entre los recursos utilizados y los recursos disponibles.                         |

|                      |                                                                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Factibilidad</b>  | Capacidad de poder alcanzar objetivos con base en los recursos disponibles para la causa.                |
| <b>ICGM</b>          | Índice de clasificación de gastos de mantenimiento                                                       |
| <b>Instalación</b>   | Proceso de proveer los recursos necesarios para el funcionamiento adecuado de algo.                      |
| <b>Inversión</b>     | Acción de proporcionar dinero para obtener beneficios de cualquier tipo.                                 |
| <b>Mantenimiento</b> | Actividad que tiene como objetivo la detección, prevención y corrección de defectos en un activo físico. |
| <b>Montaje</b>       | Proceso de colocación de un objeto en su posición adecuada.                                              |
| <b>Perforadora</b>   | Máquina o equipo utilizado para crear agujeros en un objeto.                                             |
| <b>Plan</b>          | Actividades interdependientes para alcanzar un objetivo determinado.                                     |
| <b>Preventivo</b>    | Acción de eliminar posibles riesgos que afecten la integridad de algo.                                   |

|                      |                                                                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Productividad</b> | Relación entre los objetivos alcanzados y los recursos utilizados.                                          |
| <b>Rendimiento</b>   | Proporción de los recursos para alcanzar algo y el resultado obtenido.                                      |
| <b>TIR</b>           | Tasa interna de retorno                                                                                     |
| <b>TMAR</b>          | Tasa mínima atractiva de retorno                                                                            |
| <b>VPN</b>           | Valor presente neto                                                                                         |
| <b>Vidrio</b>        | Material cerámico, duro y frágil que se encuentra en la naturaleza y puede ser producido por el ser humano. |



## **RESUMEN**

La empresa Multividrios de Guatemala se dedica al procesado de planchas de vidrio, mediante lo cual obtienen objetos como ventanas y puertas trabajadas conforme las especificaciones del cliente. Dentro del procesado de vidrio se encuentran tres procesos que constituyen la base para darle la forma deseada a las planchas de vidrio: el corte, el pulido y la perforación.

El Departamento de Producción de la empresa detectó un cuello de botella en el área de perforación, por lo cual desea equilibrar el ritmo de producción de la línea mediante la adquisición de una nueva máquina de perforación. En este proyecto se presenta un estudio para determinar si es factible adquirir la nueva maquinaria perforadora de vidrio, desde el punto de vista técnico y económico. Por otra parte, se propone un plan de montaje, instalación y mantenimiento en caso de que los resultados del estudio de factibilidad sean positivos y la empresa tome la decisión de adquirir la máquina.



# OBJETIVOS

## General

Realizar un estudio de factibilidad sobre la adquisición e instalación de maquinaria para la perforación de agujeros en planchas de vidrio en el área de producción de una empresa de fabricación de vidrio.

## Específicos

1. Evaluar el proceso actual de maquinado de vidrio mediante un estudio técnico para detectar la falta de capacidad en el proceso.
2. Analizar la demanda histórica y compararla con la capacidad de producción actual, para determinar la capacidad de producción ideal de la empresa.
3. Realizar el estudio financiero para determinar la viabilidad económica respecto a la adquisición de una nueva maquinaria para satisfacer la demanda.
4. Diseñar un plan de montaje e instalación para maquinaria perforadora de vidrio en la línea de producción de la empresa Multividrios de Guatemala.
5. Determinar un plan de conservación para maquinaria perforadora de vidrio.



## INTRODUCCIÓN

El Departamento de Producción de la empresa busca determinar la factibilidad de la adquisición de maquinaria de perforación para aumentar el ritmo de producción y capacidad de producción del área de perforación, ya que se le atribuye al área de perforación la ubicación de un cuello de botella, lo que ocasiona retraso en el cumplimiento de pedidos, pérdida de clientes y jornadas de trabajo extendidas. Considerando lo anterior, se realizó un estudio de factibilidad técnica para determinar si el cuello de botella del área de perforación es causante de los problemas mencionados, para lo cual se realizó un estudio del trabajo mediante las herramientas de diagramas de operaciones, para determinar la naturaleza del proceso por medio del análisis de la capacidad de producción y la comparación de las unidades producidas con las unidades demandadas por el mercado en un período del pasado, apoyado todo esto además en el análisis de los indicadores de eficiencia, eficacia y productividad, para determinar si el proceso se está realizando de la mejor forma posible.

Así se ha determinado que el promedio de producción mensual es de 16,49 metros cúbicos, mientras que la demanda es de 28,18 metros cúbicos al mes, lo que se traduce en un déficit de producción e incumplimiento de demanda del mercado. Por otra parte, el análisis de productividad del área de perforación indica que el operador de máquina y ayudantes requieren más recursos de aquellos con los que disponen; en este caso el recurso es el tiempo para alcanzar los objetivos propuestos.

Luego de verificar si la propuesta es factible desde el punto de vista técnico, se evaluó la factibilidad económica, para determinar si la adquisición de

maquinaria de perforación es rentable. Para ello se realizó un análisis económico para determinar los posibles ingresos y egresos que podrían existir al adquirir y no adquirir la maquinaria, luego se realizó una comparación entre la alternativa de no adquirir y la de sí adquirir la maquinaria, para determinar cuál alternativa es más rentable económicamente. Para el estudio se utilizaron las herramientas de análisis financiero de valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR).

Así se ha determinado que la alternativa de adquirir la máquina de perforación posee un VPN mayor a la alternativa de no comprar la máquina, lo que indica que la alternativa de comprar la máquina es más rentable que seguir trabajando con la maquinaria que se posee actualmente. Por otra parte, se determinó que la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR), utilizada para evaluar las alternativas, es menor que la TIR, lo que indica que es una alternativa económicamente factible.

Para finalizar, se desarrolló un plan de montaje, instalación y conservación para la maquinaria de perforación propuesta, con el fin de proporcionar una guía en caso de que se opte por la alternativa de adquirirla. Para eso se determinó el cimiento, equipo y procedimiento necesarios para realizar el montaje e instalación, y se diseñó el plan de conservación con base en la definición de actividades de mantenimiento, índice de clasificación de gastos de mantenimiento y un programa para el control del mantenimiento preventivo.

# **1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

## **1.1. Ubicación**

La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Guatemala, su dirección, coordenadas y ubicación son:

### **1.1.1. Dirección**

14 avenida 18-00. Centro de Logística El Naranjo, zona 4 de Mixco, Guatemala 01057.

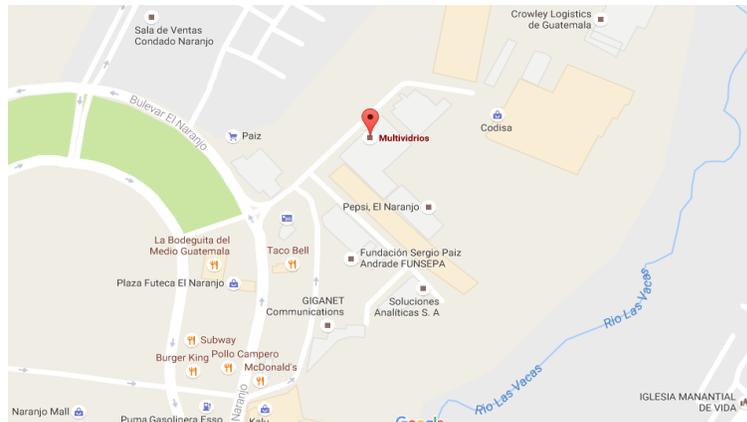
### **1.1.2. Coordenadas**

Las coordenadas (x, y) de la ubicación de la empresa son las siguientes: (14.654730,-90.538371).

### **1.1.3. Mapa**

El sistema de Google Maps permite ubicar la empresa en un mapa virtual, lo que facilita la determinación de una ruta para llegar a la empresa.

Figura 1. **Ubicación de la empresa utilizando Google Maps**



Fuente: *Ubicación de la empresa Multividrios.* [www.google.maps.com](http://www.google.maps.com). Consulta: julio de 2017.

## 1.2. Línea de tiempo de la empresa

La empresa tiene su origen en 1994. En esta fecha la empresa se establece en calzada San Juan, zona 7 de Mixco, donde su principal actividad económica es la venta de láminas de vidrio por mayor. Para el año 2000 la empresa adquiere maquinaria y operarios capacitados para el procesado de vidrio, con lo cual comienza a realizar cortes, pulido de filo y perforaciones en las planchas de vidrio. En 2007 la empresa Multividrios decide ampliar su capacidad de producción y distribución de vidrio procesado, para lo cual adquiere un terreno ubicado en la dirección: 14 avenida 18-00. Centro de Logística El Naranjo, zona 4 de Mixco, de la ciudad de Guatemala. Con el tiempo este punto se convierte en la sede principal de operaciones, maquinado y distribución de vidrio. En 2009 decide innovar en el mercado nacional, para lo cual adquiere maquinaria y operarios capacitados para realizar un tratamiento térmico al vidrio y así obtener un vidrio de seguridad, más bien conocido como vidrio templado. Para el 2014 amplía su capacidad de producción de vidrio templado, adquiriendo maquinaria y operarios.

### **1.3. Actividades**

La empresa Multividrios de Guatemala se dedica a las siguientes actividades:

#### **1.3.1. Ventas**

Venta de láminas de vidrio por mayor sin procesar; vidrio procesado con cortes y pulido de filo en las piezas. Y también a la venta de vidrio tratado térmicamente o vidrio de seguridad, por sus propiedades de templado.

#### **1.3.2. Asesoría**

La empresa cuenta con el Departamento de Arquitectura, el cual se encarga de brindar asesoría a los clientes respecto a las características físicas que debe tener el producto. Por otra parte, el Departamento de Arquitectura se encarga de diseñar, en AutoCAD, el producto final que el cliente desea comprar.

#### **1.3.3. Distribución**

Se cuenta con la función de distribuir el producto final hasta el lugar donde será utilizado por los clientes, además se proporcionan los accesorios e insumos relacionados a la instalación del vidrio que el cliente adquiera.

#### **1.3.4. Procesado de vidrio**

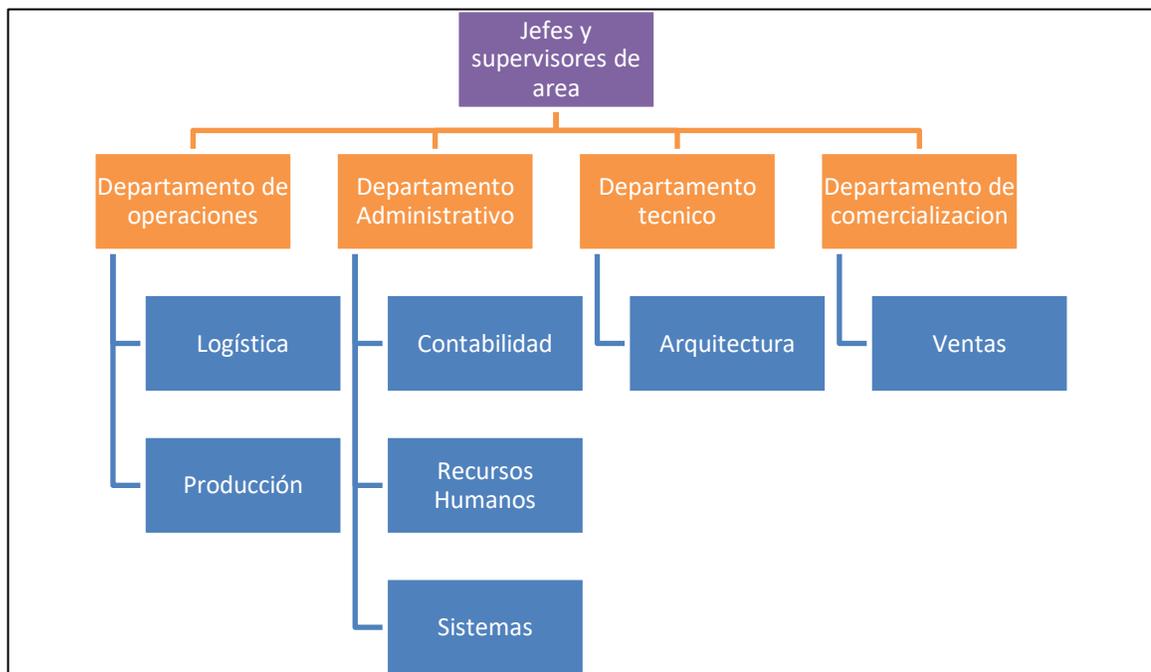
Producción de vidrio con características especificadas por los clientes. Dentro de estas características se incluye el pulido de filo de las orillas,

perforación en las piezas de vidrio, realizar cortes en las piezas de vidrio y someter el vidrio a un tratamiento de templado, para obtener un vidrio con mayor resistencia y de seguridad.

#### 1.4. Organización (organigrama)

La empresa se encuentra dividida en cuatro departamentos, los cuales son el Departamento de Operaciones, Administrativo, Técnico y de Comercialización. El organigrama de la empresa es el siguiente:

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

##### 1.4.1. Departamento de Operaciones

Se encarga de la administración de todas las actividades relacionadas con la obtención, transporte y almacenamiento de materia prima y productos

terminados de la empresa. También se ocupa de las actividades relacionadas a la producción de la empresa. Este departamento se divide en Departamento de Logística y de Producción.

#### **1.4.1.1. Logística**

Se encarga de administrar la adquisición, traslado y almacenaje de materia prima o productos terminados. Su objetivo principal es satisfacer las necesidades de la demanda de materia prima y productos con el menor costo posible.

#### **1.4.1.2. Producción**

En el Departamento de Producción se llevan a cabo todas las actividades relacionadas con el maquinado de vidrio; dentro de estas actividades se encuentra el corte, pulido de filo de las orillas, perforación de agujeros y el tratamiento térmico de las planchas de vidrio y productos similares.

#### **1.4.2. Departamento Administrativo**

Se encarga de controlar los procedimientos para captar y registrar las operaciones financieras, también controla el reclutamiento de personas y se encarga de garantizar la buena comunicación dentro de toda la organización, para mantener un ambiente de trabajo adecuado. Por último, controla los sistemas de computación necesarios para que la empresa funcione adecuadamente.

#### **1.4.2.1. Contabilidad**

Se encarga de establecer los procedimientos necesarios para captar y registrar las operaciones financieras de la empresa, con el fin de suministrar información importante a los gerentes para tomar decisiones, evaluar actividades y facilitar la fiscalización de actividades de la empresa.

#### **1.4.2.2. Recursos Humanos**

Se encarga de contratar personas con base en la definición de perfiles profesionales para los puestos, planificación de plantillas y descripción de los puestos. Cumple la función de administrar el personal respecto a la formalización de contratos, gestión de permisos, vacaciones, horas extra y régimen disciplinario.

#### **1.4.2.3. Sistemas**

Se encarga de velar por el buen funcionamiento de equipos de comunicaciones electrónicos, dentro de esto se incluye el servicio de Internet y de comunicaciones. Una de sus funciones principales es encargarse de que la información presente en los sistemas de computación de la empresa se mantenga segura y fuera de riesgo, además se limita el acceso a Internet para uso exclusivo de actividades laborales.

#### **1.4.3. Departamento Técnico**

Está compuesto por el Departamento de Arquitectura, el cual se encarga de realizar los diseños necesarios, en el programa llamado AutoCAD, para tener una referencia de las medidas y forma de la pieza a producir.

#### **1.4.3.1. Arquitectura**

Una de las actividades principales de la empresa es brindar asesoría a los clientes respecto al producto que desean adquirir. Para esto se cuenta con el Departamento de Arquitectura, el cual se encarga de llevar la idea del cliente a un formato de AutoCAD, lo cual facilita la fabricación del producto deseado.

#### **1.4.4. Departamento de Comercialización**

Se encarga de llevar el orden de todas las actividades, que van desde la promoción y fijación de precio hasta la venta del producto final.

##### **1.4.4.1. Ventas**

Se encarga de dar seguimiento y control continuo a las actividades de ventas. Sus funciones principales son elaborar pronósticos de ventas para predecir tendencias en el mercado, establecer el precio de los productos teniendo como base el precio de mercado, realizar publicidad para promover las ventas y llevar un control constante de los resultados de las mismas.

#### **1.5. Misión**

Proporcionar a los clientes soluciones en vidrio arquitectónico, asegurando calidad y el más alto nivel de servicio.

#### **1.6. Visión**

Ser el punto de referencia en vidrio arquitectónico.

## **1.7. Valores**

- Excelencia
- Actitud de servicio
- Trabajo en equipo
- Honestidad

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Estudio de factibilidad**

Todo proyecto posee cierta incertidumbre respecto a si realizarlo es conveniente o no. Los inversionistas poseen la última decisión respecto a ejecutar un proyecto, dependiendo del grado de incertidumbre que este posea. Para la reducción de incertidumbre que posee un proyecto es conveniente realizar un estudio de factibilidad, el cual permite analizar el proyecto desde distintos puntos de vista que puedan afectarlo.

#### **2.1.1. Concepto de estudio de factibilidad**

Se define a un proyecto como "la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre muchas, una necesidad humana"<sup>1</sup>. Luego es importante llevar una búsqueda sistemática de lo que se quiere conocer o resolver para alcanzar el éxito deseado. Además, la limitación de los recursos disponibles obliga a destinarlos a su mejor aprovechamiento. La mayoría de los proyectos se caracterizan por la escasez de recursos, por lo tanto, es necesario evaluar la viabilidad económica de un proyecto. Se realiza un estudio de factibilidad con el fin de obtener grandes cantidades de información, con la cual se pueda generar una mayor comprensión sobre si el proyecto debe ser llevado a cabo o no.

---

<sup>1</sup>SAPAG, Nassir; SAPAG, Reinaldo. *Definición de proyecto*. p. 1.

## **2.1.2. Pasos para realizar un estudio de factibilidad**

Los proyectos deben someterse a un análisis sistemático que brinde la mayor cantidad de información para reducir la incertidumbre al fracaso que acompaña la ejecución de un proyecto. Tal análisis contiene los siguientes pasos:

### **2.1.2.1. Identificación de la necesidad**

Hace referencia a la detección del problema, teniendo en cuenta que se debe definir la necesidad que este problema representa, como por ejemplo la compra de maquinaria en una empresa, instalación de sistemas de computadoras, reducción del tránsito vehicular o déficit de producción.

### **2.1.2.2. Análisis técnico**

A través de este análisis se debe establecer la factibilidad técnica y operacional del proyecto. Entonces hay que estudiar la funcionalidad, el rendimiento, la facilidad de mantenimiento y las restricciones que pueden afectar a la posibilidad de realización de un sistema aceptable. El análisis técnico empieza con una definición de la viabilidad técnica del sistema propuesto. Las herramientas de que se puede disponer para el análisis técnico se encuentran en las técnicas matemáticas de modelización y optimización, en la probabilidad y la estadística, en la teoría de control, análisis operacional, entre otras. La modelización es un mecanismo efectivo para el análisis técnico de procesos, ya que el modelo se crea a partir de la observación del mundo real o de una aproximación basada en los objetivos del sistema. En el caso de que el proyecto tenga como objetivo la adquisición de maquinaria de procesos o de cómputo, se debe analizar el proceso actual con fines de identificar el problema

y justificar la necesidad de adquisición de maquinaria, además se debe demostrar que la adquisición de la maquinaria ayudará a mejorar el proceso actual y no lo perjudicará.

#### **2.1.2.2.1. Análisis económico**

Solo si el proyecto resulta factible técnicamente se realiza un análisis económico, para determinar la conveniencia económica o la rentabilidad del proyecto. Este corresponde a la valoración, expresada en términos económicos, de las diferencias existentes entre las alternativas disponibles a través de indicadores, con el fin de comparar sus ventajas económicas. Se debe realizar una comparación entre la situación actual y la situación luego de realizar el proyecto. En general, un proyecto con fines de lucro representa una inversión económica por parte de una persona u organización con fines de recuperar su inversión y obtener ganancias, esto significa que, dentro del estudio económico, se debe estimar una cantidad de tiempo para recuperar la inversión inicial y comenzar a obtener ganancias del proyecto. La rapidez con la que se recupera la inversión inicial de un proyecto es un factor esencial que determina si el proyecto se ejecutará o no.

- Viabilidad económica: relación entre los recursos financieros necesarios para ejecutar un proyecto con las ganancias que se espera obtener luego de ejecutado el mismo en un determinado período de tiempo. Este término permite conocer la cantidad de dinero que un proyecto debe generar para tener un retorno de inversión en un tiempo deseado, con el fin de comenzar a obtener ganancia. Si se determina que el proyecto genera una cantidad baja de ingresos en relación a la inversión inicial necesaria para ejecutar el proyecto, entonces el proyecto no es económicamente viable. Para determinar la viabilidad económica del

proyecto se debe plantear un tiempo esperado para obtener el retorno de la inversión inicial, luego se debe realizar una estimación de los ingresos que el proyecto es capaz de generar, para determinar la capacidad del proyecto de generar ingresos lo suficientemente rápido como para recuperar la inversión inicial en el período de tiempo máximo esperado.

### **2.1.3. Evaluación de resultados**

Al realizar un estudio de factibilidad técnica y económica se obtendrán resultados que deben ser evaluados para determinar si el proyecto es viable técnica y económicamente. Los resultados obtenidos deben ser tabulados de tal forma que sean de fácil comprensión para cualquier persona que vaya a estar en contacto con la información de los estudios; estas personas pueden ser inversionistas, gerentes o jefes de la compañía. La evaluación de resultados representa un ordenamiento de todos los resultados obtenidos para su análisis y comprensión profunda.

### **2.1.4. Toma de decisión**

Una vez que se ha realizado el estudio de factibilidad respecto a un proyecto, se presentan los resultados de forma entendible y lógica para cualquier persona, con el fin de evaluarlos para determinar si se realizará o no. Se puede tomar la decisión de ampliar los estudios realizados para obtener más información relevante y poder tomar la decisión entre ejecutar o no un proyecto. La toma de decisión representa lo siguiente:

## 2.2. Estudio técnico

Es una herramienta que permite analizar los distintos procesos industriales con el fin de conocer el proceso, detectar errores e implementar mejoras en el mismo. Para la ejecución de un estudio técnico se pueden utilizar herramientas de ingeniería como los diagramas de proceso, indicadores de productividad y el estudio del trabajo.

### 2.2.1. Diagramas de proceso

Los diagramas de procesos son herramientas utilizadas en ingeniería para detallar los pasos necesarios para realizar una actividad, tarea o proceso dentro de una industria, con el fin de poder analizar los procesos de forma más sencilla. Dentro del diagrama de procesos se identifican las tareas con un símbolo específico, dependiendo de la tarea que se pretenda describir con el símbolo; además se agrega información como distancia y tiempo requerido para la actividad descrita al lado del símbolo. Dentro de la simbología utilizada existen 6 tipos distintos para aplicar, dependiendo de la naturaleza de la actividad a describir. Los símbolos son los siguientes:

Tabla I. **Simbología para diagramas de proceso**

| Actividad  | Símbolo                                                                             | Concepto                                                                                                                                                        |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operación  |  | Se utiliza cuando se modifica un objeto o se prepara para otra operación.                                                                                       |
| Inspección |  | Hace referencia a examinar uno o varios objetos para comprobar su calidad.                                                                                      |
| Transporte |  | Se utiliza cuando en la operación se mueven objetos de un lugar a otro, no se tienen en cuenta los movimientos realizados dentro de una operación o inspección. |

Continuación tabla I.

|                            |                                                                                   |                                                                                                              |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Almacenaje</b>          |  | Sucede cuando uno o varios objetos son resguardados contra movimientos y daños.                              |
| <b>Demora</b>              |  | Se utiliza cuando en un flujo de proceso existe una espera para comenzar la siguiente operación              |
| <b>Actividad combinada</b> |  | Se utiliza cuando se desea describir actividades conjuntas realizadas al mismo tiempo por un mismo operador. |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1.1. Diagrama de operaciones

Este diagrama permite realizar una descripción del flujo de actividades utilizando los símbolos de operación e inspección, omitiéndose los signos de transporte, almacenaje y demora. El diagrama de procesos es una representación gráfica de los puntos donde se introducen las operaciones e inspecciones. Su objetivo es proporcionar una imagen clara de todos los acontecimientos del proceso, para detectar puntos clave que pueden ayudar a la mejora de un proceso.

Como cualquier diagrama, el diagrama de proceso de operaciones debe proporcionar información en su encabezado respecto al proceso que se está tratando y todo lo relevante que se considere. El diagrama de procesos debe contener un encabezado con información correspondiente al proceso que se describirá en el diagrama, la información básica para un encabezado es: nombre de la empresa, departamento, número de diagrama, número de hoja, fecha y quién realizó el diagrama. Todo diagrama de procesos se inicia en la parte derecha de la hoja, luego del encabezado, se inicia con la primera operación del proceso a seguir y se continúa dibujando el símbolo de proceso o inspección en dirección descendente; si se desea introducir alguna tarea de otro

proceso se debe realizar paralelamente al lado de la columna inicial. Al completar el diagrama de operaciones se identifica cada símbolo con un número correspondiente al orden que la operación lleva en el proceso, luego, al finalizar el diagrama, se hace una lista con todos los números utilizados y se describe la tarea que cada número representa, así como su tiempo y cualquier información relevante que corresponda a la operación descrita.

### **2.2.1.2. Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido de proceso es una herramienta complementaria para los diagramas de procesos. El diagrama de recorrido se elabora utilizando como base un plano de las instalaciones actuales, con las tareas del proceso a analizar. Sobre el plano se dibujan las máquinas, estructuras y se representa mediante símbolos el recorrido o circulación de todas las tareas del proceso. Para la representación gráfica de las tareas se utilizan los mismos símbolos que se usan en el diagrama de operaciones de proceso o en el diagrama de flujo de proceso.

### **2.2.1.3. Diagrama de flujo de operaciones**

El diagrama de flujo es una descripción grafica de todas las operaciones, inspecciones, almacenajes, transportes y demoras que existen dentro de un proceso determinado, además incluye información que se considere importante como tiempo y distancia recorrida. Al igual que los otros diagramas de procesos, el diagrama de flujo de proceso debe ir identificado con un encabezado que contenga toda la información relevante relacionada al proceso de estudio. Su objetivo es representar todas las tareas de forma gráfica, para analizarlas y proponer mejoras en el proceso.

### **2.2.2. Indicadores de eficiencia y eficacia**

La eficiencia y eficacia son dos indicadores utilizados en la industria. Usualmente se confunde los términos por la relación que guardan entre sí, pero tienen significados distintos. La eficacia es la obtención de los resultados esperados. La eficiencia es la obtención de los resultados esperados, obtenidos con la menor cantidad de insumos posible; dentro de este concepto se incluye cantidades, calidad y un incremento de productividad.

- Eficiencia: hace referencia a los recursos consumidos por la empresa para la realización de un trabajo, esta se puede representar como cantidad de horas-hombre, electricidad consumida, dinero y materia prima utilizada.
- Eficacia: es la cantidad total obtenida de objetos o productos respecto a un trabajo realizado. Se conoce como el grado de cumplimiento de metas u objetivos.

### **2.2.3. Medición de trabajo**

La medición de trabajo se utiliza para evaluar cada paso necesario para realizar una tarea específica por los trabajadores. Usualmente el trabajo se mide realizando un cronometraje del tiempo utilizado por los empleados para realizar una tarea. Este tiempo cronometrado es utilizado para determinar el salario o incentivos del trabajador, por tal razón las medidas deben tomarse con la más alta precisión posible, ya que, de no ser así, podría ser perjudicial para el trabajador o para la empresa.

### **2.2.3.1. Técnicas para realizar una medición de trabajo**

Existen distintos métodos para medir el trabajo, algunos de los más utilizados son los siguientes:

- Estudio de datos históricos: consiste en analizar los resultados obtenidos históricamente respecto a la realización de alguna tarea o actividad, con el fin de identificar tendencias e intentar predecir el comportamiento futuro de una situación o actividad.
- Estudio de tiempo con cronómetro: la medición de trabajo con estudio de tiempos y cronómetro se utiliza para definir el tiempo necesario para realizar una tarea, por medio de la toma de tiempos de una misma tarea, una determinada cantidad de veces.
- Descomposición de movimientos en movimientos más pequeños: este método consiste en dividir una tarea en tareas más pequeñas conocidas como microtareas, estas son analizadas una por una para intentar mejorar el método utilizado.
- Cualquier técnica utilizada proporciona tiempo estándar del trabajo medido. El tiempo estándar es considerado como el tiempo necesario para realizar una actividad, más todas las actividades no programadas de ocio y tiempo de baño.

### **2.2.3.2. Equipo necesario para realizar la medición de tiempos**

Existen distintos tipos de equipos e instrumentos utilizados para realizar una medición de tiempos, por lo general se busca que sea un equipo liviano y móvil para realizar la medición de tiempos cómodamente y directamente en el área donde se esté llevando a cabo la actividad o tarea a medir. Algunos de los equipos más comunes son los siguientes:

- Tabla para estudio de tiempos: esta es una tabla de tamaño conveniente que sirve para colocar la hoja de observaciones y brindar una superficie plana para realizar las anotaciones correspondientes a las observaciones realizadas. En ocasiones se suele colocar un reloj con cronómetro en la parte superior izquierda para realizar las mediciones de tiempo. Se debe tener en cuenta que la tabla debe ser diseñada para ser ligera y sostenible con un solo brazo, mientras se realizan las anotaciones con la otra mano.
- Hoja de observaciones: en esta hoja se realizan todas las anotaciones correspondientes al objeto de análisis, ya sea una tarea, una situación o el proceso para fabricar un producto. La hoja tradicional incluye un espacio para anotar la información correspondiente al elemento a analizar y 2 columnas con los nombres "L" y "T", en las cuales se anota las lecturas directas con cronómetro continuas y los tiempos elementales obtenidos de las lecturas, respectivamente. La columna T también se utiliza en el método de tiempos intermitentes. La última columna se reserva para hacer anotaciones respecto a las situaciones o elementos extraños detectados durante las observaciones. La hoja de observaciones siempre debe incluir información general como fecha,

número de hoja, nombre del operador, hora de inicio y de finalización. A continuación se muestra un ejemplo:

Figura 3. Hoja de observaciones para realizar un estudio de tiempos

Fuente: GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 199.

### 2.2.3.3. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con base en un número determinado de observaciones, el tiempo necesario para realizar una tarea. El estudio de tiempos que utiliza como herramienta el cronómetro es uno de los más utilizados. Cualquier estudio de tiempos sigue un orden lógico de actividades para llevarse a cabo adecuadamente. Los pasos definidos como fases para realizar un estudio de tiempo son:

- Fase de preparación: esta es la fase inicial en la cual se selecciona la operación y al trabajador, se define la actitud del analista frente al trabajador y se determina el análisis de comprobación del método de este.
- Fase de ejecución: se debe obtener y registrar la información. Se comienza por cronometrar las actividades y calcular el tiempo observado para luego registrar los resultados.
- Fase de suplementos: esta es la fase de análisis de demoras, estudio de fatiga, cálculo de suplementos y tolerancias; estas son todas las actividades extras que no se pueden controlar y generan desperdicio de tiempo y que forman parte del tiempo utilizado para realizar una actividad.
- Fase de tiempo estándar: en esta fase se calcula el tiempo estándar, que se define como el tiempo necesario para realizar la actividad más los suplementos detectados en la fase anterior.

#### **2.2.4. Evaluación de productividad**

La productividad es utilizada en las empresas como un indicador, pues la idea que se intenta representar numéricamente por medio del análisis de productividad resulta en ocasiones difícil de comprender. Es importante remarcar que existen distintos criterios para analizar la productividad y que es necesario evaluar la productividad en cada aspecto de la empresa, ya que es evidente que, si la productividad del área de producción es elevada, esto no significa que la productividad de alguna otra área lo sea también. Se considera

a la productividad como el rendimiento que tienen los recursos destinados a realizar una operación o alcanzar un objetivo.

#### **2.2.4.1. Criterios de análisis de productividad**

Existen distintos criterios para evaluar la productividad, se puede evaluar de distintas formas dependiendo del recurso utilizado para realizar una actividad. Se puede medir utilizando el criterio de horas-hombre utilizadas para realizar una tarea, o los recursos monetarios utilizados para producir cierta cantidad de productos.

#### **2.2.4.2. Factores que limitan la productividad**

Existe gran cantidad de factores que afectan a la productividad, es importante reconocer que la empresa y trabajadores son los principales generadores de factores que limitan la misma. Por otra parte, existen factores que surgen en el exterior de la empresa y que de cierto modo no son controlables. Algunos de los factores más comunes que limitan la productividad son:

- Clima de trabajo inapropiado
- Reglamentos gubernamentales que limitan a la empresa o proveedores
- Tamaño de la organización
- Tecnología primitiva
- Incapacidad para medir el trabajo

- Recursos físicos y métodos de trabajo

#### **2.2.4.3. División de la productividad dentro de una misma empresa**

Existen distintas divisiones para evaluar la productividad dentro de una empresa, esto causa confusiones, ya que por lo general un gerente evalúa la productividad de su departamento sin tener en cuenta los demás departamentos. En caso de que el gerente de producción obtenga resultados confortantes respecto a la productividad de su departamento, le hace pensar que toda la empresa se encuentra bien, lo cual resulta un pensamiento erróneo y común. En resumen, si la productividad de un departamento de la empresa es buena, esto no significa que también sea buena en otros departamentos, por esto se debe dividir la productividad de la empresa y evaluarla individualmente para buscar un equilibrio.

#### **2.2.4.4. Productividad en la industria**

La productividad se debe evaluar teniendo en cuenta todos los recursos disponibles y utilizados en una industria, entiéndase por estos recursos la mano de obra, materia prima, maquinaria en general, etc. Al momento de evaluar la productividad de un proceso se debe entender que no todo el tiempo utilizado en el proceso es meramente empleado para trabajar en el producto en una operación, esto quiere decir que, al llevar a cabo un proceso, se utiliza tiempo en otras actividades relacionadas o no al mismo. El contenido básico de cualquier proceso es el tiempo mínimo e irreducible que se necesita para obtener una unidad de producción, este es el tiempo que teóricamente debería tardar una empresa en fabricar una unidad de producto, sin embargo, es

imposible pretender que no existan pérdidas de tiempo. La tarea del ingeniero es reducir las pérdidas de tiempo a la menor cantidad posible.

### **2.3. Máquinas perforadoras de vidrio**

Las máquinas perforadoras de vidrio de la industria se pueden clasificar por el tipo de método que utilizan para perforar el vidrio y por la posición en la cual se ubica la pieza de vidrio para perforarla.

#### **2.3.1. Taladradoras**

Las taladradoras utilizan un método de perforación tradicional, utilizando una broca de acero inoxidable para realizar la perforación.

##### **2.3.1.1. Verticales**

Las taladradoras verticales sostienen la pieza de vidrio de forma vertical y la transportan mediante soportes de acero con ruedas o mediante ventosas de vacío.

- Taladro vertical CNC – TV 4C

Figura 4. **Máquina perforadora de vidrio de tipo vertical CNC - TV 4C**



Fuente: *Perforadora vertical*. <https://abartyapress.wordpress.com/productos-2/taladros/taladro-vertical-cnc-tv-4-c/>. Consulta: julio de 2017.

Tabla II. **Especificaciones de máquina perforadora de vidrio de tipo vertical CNC – TV 4C**

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>Número de cabezales</b>            | <b>4</b>                   |
| <b>Diámetro del taladro</b>           | 4 mm – 60 mm               |
| <b>Espesor del vidrio</b>             | 4 mm – 30 mm               |
| <b>Altura máxima del vidrio</b>       | 2 500 mm                   |
| <b>Dimensiones máximas del vidrio</b> | 500 mm * 150 mm            |
| <b>Velocidad de avance</b>            | 1 – 5 metros / min         |
| <b>Dimensiones de la máquina</b>      | (7 000 * 2 020 * 4 110) mm |
| <b>Peso</b>                           | 3 000 kg                   |
| <b>Tipo de control</b>                | CNC                        |
| <b>Potencia instalada</b>             | 9 kW                       |
| <b>Tensión</b>                        | 380 V , 50 Hz              |
| <b>Presión de aire</b>                | 0,6 – 0,8 Mpa.             |

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.1.2. Horizontales

Los taladros de tipo horizontal son similares a los de tipo vertical, con la diferencia de que ubican la pieza a perforar de forma horizontal, recostada sobre una mesa de trabajo.

- Taladro JFO-2 de alta precisión, perforación a mano

Figura 5. **Máquina perforadora de vidrio de tipo horizontal JFO-2**



Fuente: *Perforador horizontal*. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/jfo-2-high-precision-automatic-horizontal-drill-hole-glass-hand-drilling-machine-factory-60143275844.html>. Consulta: julio de 2017.

Tabla III. **Especificaciones de máquina perforadora de vidrio de tipo horizontal JFO-2**

|                                 |               |
|---------------------------------|---------------|
| <b>Número de cabezales</b>      | <b>4</b>      |
| <b>Diámetro del taladro</b>     | 3 mm – 220 mm |
| <b>Espesor del vidrio</b>       | 3 mm – 25 mm  |
| <b>Altura máxima del vidrio</b> | 2 500 mm      |

Continuación tabla III.

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>Dimensiones máximas del vidrio</b> | 2 200 mm * 2,700 mm        |
| <b>Dimensiones de la máquina</b>      | (2,200 * 2,700 * 1,700) mm |
| <b>Peso</b>                           | 900 kg                     |
| <b>Tipo de control</b>                | Manual                     |
| <b>Potencia instalada</b>             | 2.5 kW                     |
| <b>Tensión</b>                        | 220v/380v/415v             |

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.2. Sand-Blast**

Las perforadoras de tipo *sand-blast* utilizan un método de perforación en el cual la herramienta de perforación es un chorro compuesto por arena y agua. Este método produce menos ruido que el taladro y buenos acabados superficiales, sin embargo, genera gran cantidad de residuos de arena con agua, los cuales deben ser removidos para evitar dañar la pieza trabajada.

#### **2.3.2.1. Verticales**

Trabajan de forma similar que las taladradoras de vidrio vertical, con la diferencia de que la herramienta utilizada es de tipo *sand-blast*.

- JF1000D máquina de corte vertical CNC

Figura 6. **Máquina de corte de vidrio J1000D**



Fuente: *Máquina de corte de vidrio*. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/jf1000d-vertical-glass-cutting-machine-cnc-glass-cutter-machine-60304617292.html?spm=a2700.778704>. Consulta: julio de 2017.

Tabla IV. **Especificaciones de máquina de corte de vidrio CNC J1000D**

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| <b>Dimensiones máximas del vidrio</b> | <b>1 800 mm * 2 400 mm</b> |
| <b>Dimensiones de la máquina</b>      | (3 250 * 2 250 * 1 150) mm |
| <b>Peso</b>                           | 300 kg                     |
| <b>Potencia instalada</b>             | 300 W                      |
| <b>Tensión</b>                        | 220v/380v/415v             |
| <b>Capacidad de producción</b>        | 15 metros / min            |

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2.2. Horizontales

Trabajan de forma similar que las taladradoras de vidrio horizontal, con la diferencia de que la herramienta utilizada es de tipo *sand-blast*.

- JFDS2000 de alta eficiencia automática

Figura 7. **Máquina perforadora de vidrio CNC JFDS200**



Fuente: *Máquina perforadora de vidrio.*

[https://sdyingfeng.en.alibaba.com/product/60360400262-50250762/JFDS2000\\_Automatic\\_high\\_efficiency\\_horizontal\\_glass\\_sandblasting\\_machine.html](https://sdyingfeng.en.alibaba.com/product/60360400262-50250762/JFDS2000_Automatic_high_efficiency_horizontal_glass_sandblasting_machine.html).

Consulta: julio de 2017

Tabla V. **Especificaciones de máquina de corte de vidrio CNC JFDS2000**

|                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Dimensiones máximas del vidrio</b> | <b>1 900 mm<sup>2</sup></b> |
| <b>Dimensiones de la máquina</b>      | (3 710 * 2 850 * 1 850) mm  |
| <b>Peso</b>                           | 2 500 kg                    |
| <b>Potencia instalada</b>             | 4,77 kW                     |

Continuación tabla V.

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| <b>Tensión</b> | <b>220v/380v/415v</b> |
|----------------|-----------------------|

Fuente: elaboración propia.

## **2.4. Estudio económico**

Un estudio económico implica formular, calcular y evaluar los resultados económicos entre alternativas disponibles para llevar a cabo un determinado objetivo.

### **2.4.1. Conceptos básicos**

Para comprender el significado de los resultados de un estudio económico, existen conceptos generales que deben ser comprendidos para poder realizar un estudio adecuado y comprenderlo económicamente hablando. Algunos de los conceptos más importantes son:

#### **2.4.1.1. Tasa de interés**

Se le conoce como interés al valor del dinero en un período de tiempo, matemáticamente el interés es la diferencia entre la cantidad final de dinero con la cantidad inicial; es importante saber que si la diferencia es negativa o nula entonces no existe interés. El interés se puede pagar o ganar: se paga cuando una persona obtiene una cantidad de dinero y devuelve una cantidad mayor a la prestada, y se gana cuando se presta un monto de dinero y se obtiene una cantidad superior a la prestada. El cálculo para estas dos variables es el mismo, pero con distinta interpretación. Cuando se paga o gana interés y se desea relacionar respecto a una unidad de tiempo específica, entonces el mismo se

expresa como porcentaje de la suma original y se obtiene un resultado conocido como tasa de interés. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Tasa de interes (\%)} = \frac{\text{Interes acumulado por unidad de tiempo}}{\text{Suma original}} * 100 \quad (1)$$

La unidad de tiempo de la tasa de interés recibe el nombre de período de interés y comúnmente se considera como 1 año, pero es posible considerar períodos de interés menores o mayores.

#### **2.4.1.2. Tasa de rendimiento**

El interés generado durante un intervalo de tiempo por un inversionista o prestamista se expresa como porcentaje de la cantidad original y se le conoce como tasa de rendimiento. Responde a la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de rendimiento (\%)} = \frac{\text{Interes acumulado por unidad de itempo}}{\text{Cantidad original}} * 100 \quad (2)$$

#### **2.4.1.3. Interés simple y compuesto**

Los términos de interés simple y compuesto se utilizan para más de un período de interés. El interés simple se calcula tomando en cuenta el principal e ignorando cualquier interés futuro. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Interes} = \text{principal} * \text{número de periodos} * \text{tasa de interes} \quad (3)$$

Interés compuesto: el interés generado durante cada período de interés se calcula sobre el principal más el monto total de interés acumulado en todos los

períodos anteriores, es decir que el interés compuesto es un interés sobre el interés. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Interes} = (\text{principal} + \text{interes acumulados}) * \text{tasa de interes (4)}$$

#### **2.4.1.4. Tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR)**

Para que una inversión sea rentable, el inversionista (una corporación o individuo) espera recibir una cantidad de dinero mayor de la que originalmente invirtió. En otras palabras, debe ser posible obtener una tasa de retorno o rendimiento sobre la inversión. En ingeniería, las alternativas se evalúan con base en un pronóstico de una TR razonable. Por consiguiente, se debe establecer una tasa razonable para la fase de elección de criterios en un estudio de ingeniería económica. La tasa razonable recibe el nombre de tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) y es superior a la tasa que ofrece un banco o alguna inversión segura que implique un riesgo mínimo.

#### **2.4.1.5. Los flujos de efectivo como las entradas y salidas de dinero**

Son las entradas y salidas de dinero; pueden ser estimaciones o valores observados. Estas entradas y desembolsos constituyen los flujos de efectivo, con un signo más se representan las entradas de efectivo y con un signo menos se representan las salidas de efectivo. Los flujos de efectivo ocurren durante períodos específicos, tales como un mes o un año. La estimación de flujos de efectivo es probablemente la más difícil e inexacta, las estimaciones relativas son inciertas. Las técnicas de estimación de flujos de efectivo orientan en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, la exactitud probada con el

tiempo de la estimación de entradas y salidas de efectivo de una alternativa claramente determina la calidad del análisis económico y su conclusión. Una vez que se han determinado las entradas y salidas de un flujo de efectivo, entonces es posible determinar el flujo de efectivo neto con la siguiente fórmula:

$$\text{Flujo de efectivo neto} = \text{ingresos} - \text{desembolsos (5)}$$

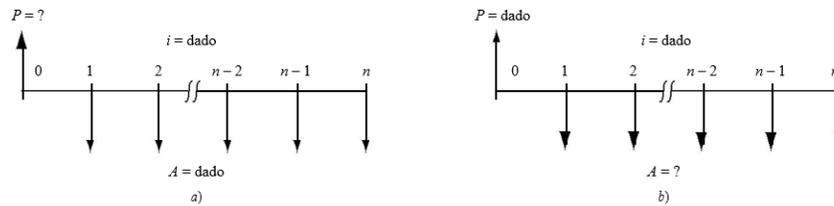
#### **2.4.2. Relación entre interés y tiempo con el dinero**

La razón por la cual un banco le presta dinero a las personas es por la relación que existe entre el interés y el tiempo con el dinero. Una persona recibe dinero casi instantáneamente por parte de un banco, con una tasa de interés fijada por este último, entonces la persona comienza a pagar su préstamo por períodos de tiempo estipulados y paga sobre este monto una cantidad extra llamada interés, esto lo hace el banco con fines de recibir una cantidad superior a la prestada inicialmente. Algunos métodos utilizados en un estudio económico, para determinar la relación que existe entre el interés y tiempo con el dinero, para un determinado proyecto, son:

##### **2.4.2.1. Valor presente**

El valor presente  $P$  equivalente de una serie uniforme  $A$  de flujo de efectivo al final del período se muestra en la figura 1. Puede determinarse una expresión para el valor presente considerando cada valor de  $A$  como un valor futuro  $F$ , calculando su valor presente con el factor  $P/F$  para luego sumar los resultados.

Figura 8. **Concepto gráfico del valor presente**



Fuente: BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. p. 59.

Para simplificar la ecuación y obtener el factor  $P/A$ , se debe multiplicar esta ecuación por el factor  $1/(1 + i)$ , lo cual da como resultado la siguiente ecuación:

$$P = A \left( \frac{(1 + i)^n - 1}{n(1 + i)^n} \right) \quad (6)$$

#### 2.4.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Puede utilizarse con beneficio para determinar la tasa de interés (o tasa de rendimiento), para cualquier serie de flujos de efectivo que se ingrese en una serie de celdas contiguas de la hoja de cálculo, ya sea en forma vertical u horizontal. Es muy importante que cualesquiera años (períodos) con flujo de efectivo cero tengan una entrada de '0' en la celda. Una celda que se deja en blanco no es suficiente, ya que la función TIR desplegaría un valor incorrecto de  $i$ .

#### 2.4.3. Evaluación de alternativas

En ingeniería económica se trata de evaluar una o varias alternativas entre sí, con el fin de conocer cuál alternativa representaría, en determinado caso, una mejor opción de inversión de recursos. Existen distintos métodos para

evaluar económicamente distintas alternativas. El análisis de valor presente neto es una herramienta utilizada para evaluar alternativas que permite realizar una estimación de los gastos e ingresos futuros y convertir este valor a dinero de hoy en día, entonces se realiza para ambas alternativas y el que tenga un valor económico superior será la alternativa a escoger. A continuación se detallan algunos métodos utilizados para la evaluación de alternativas desde el punto de vista económico:

#### **2.4.3.1. Análisis de valor presente neto**

Esta técnica de evaluación de alternativas se calcula teniendo como base la tasa mínima atractiva de rendimiento de las alternativas a evaluar. Esta es una de las técnicas más utilizadas debido a que convierte los ingresos y egresos estimados de un período futuro a dinero de hoy en día, lo que permite identificar ventajas económicas entre alternativas. Cuando se tiene solo una alternativa se calcula el valor presente a partir de la TMAR, si el valor presente es mayor o igual a cero significa que se alcanza o se excede la tasa mínima atractiva de rendimiento, por lo cual es una alternativa viable. Si se tienen dos o más alternativas se calcula el valor presente de cada una y se escoge la que sea numéricamente mayor, ya que es la más viable.

#### **2.4.3.2. Análisis del valor anual**

Este análisis representa el valor anual uniforme equivalente de todos los ingresos y egresos estimados durante el ciclo de vida de una alternativa. El valor anual posee la misma interpretación económica que los valores de valor presente o valor futuro en la TMAR para  $n$  años. Estos tres valores se pueden calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor anual} = \text{Valore presente} * \left(\frac{A}{P}, i, n\right) = \text{Valor futuro} * \left(\frac{A}{F}, i, n\right) (7)$$

La ventaja del valor anual es que debe calcularse exclusivamente para un ciclo de vida de una alternativa, lo que hace que no sea necesario calcular el mínimo común múltiplo de las vidas, como se hace en el valor presente o valor futuro. Existen tres condiciones fundamentales que deben conocerse al momento de calcular el valor anual:

- El valor anual es necesario al menos durante el mínimo común múltiplo de las alternativas de vida.
- El valor anual determinado de la alternativa elegida se repetirá para los siguientes ciclos de vida de la alternativa.
- Todos los flujos de efectivo tienen el mismo valor calculado durante los ciclos de vida subsiguientes.

#### **2.4.3.3. Análisis de rendimiento con alternativa única o múltiple**

La tasa de rendimiento, conocida como TR, es la tasa pagada sobre el saldo no pagado del dinero obtenido de un préstamo, o la tasa ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión. La tasa de rendimiento se expresa como un porcentaje positivo por período, debe tenerse en cuenta que no se considera el hecho de que el interés pagado sobre el préstamo sea en realidad una tasa de rendimiento negativa. El valor de la tasa de rendimiento puede tener un valor entre -100 % hasta el infinito. En términos de inversión, el porcentaje -100 % indica que se ha perdido la cantidad por completo. Con esto se define que la

tasa de rendimiento es sobre el saldo no recuperado y no sobre la inversión inicial, y el saldo no recuperado varia a través del tiempo.

#### **2.4.3.4. Toma de decisión**

Un estudio económico se realiza con fines de evaluar un proyecto desde el punto de vista económico, para luego tomar una decisión respecto a la realización o negación del proyecto. Algunos de los métodos más utilizados para la toma de decisión son:

##### **2.4.3.4.1. Comparación de alternativas mutuamente excluyentes**

Cualquier método como el valor presente, el valor anual o la comparación de tasa de rendimiento, sirve para elegir una alternativa entre varias. Es importante reconocer que solo es necesario un método para llevar a cabo un análisis de ingeniería económica. La elección del método a utilizar puede resultar difícil de comprender, por eso en la siguiente tabla se explica cuál método utilizar dependiendo de las circunstancias.

Tabla VI. **Método recomendado para comparar alternativas mutuamente excluyentes**

| <b>TABLA 10.1</b> Método recomendado para comparar alternativas mutuamente excluyentes siempre y cuando el método no haya sido preestablecido |                                   |                                   |                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Periodo de evaluación</b>                                                                                                                  | <b>Tipo de alternativas</b>       | <b>Método recomendado</b>         | <b>Serie a evaluar</b>                                                           |
| Vidas iguales de alternativas                                                                                                                 | Ingreso o servicio Sector público | VA o VP<br>B/C, basado en VA o VP | Flujos de efectivo<br>Flujos de efectivo incrementales                           |
| Vidas desiguales de alternativas                                                                                                              | Ingreso o servicio Sector público | VA<br>B/C, basado en VA           | Flujos de efectivo<br>Flujos de efectivo incrementales                           |
| Periodo de estudio                                                                                                                            | Ingreso o servicio Sector público | VA o VP<br>B/C, basado en VA o VP | Flujos de efectivo actualizados<br>Flujos de efectivo incrementales actualizados |
| Larga a infinita                                                                                                                              | Ingreso o servicio Sector público | VA o VP<br>B/C, basado en VA      | Flujos de efectivo<br>Flujos de efectivo incrementales                           |

Fuente: BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. p. 364.

#### 2.4.3.4.2. **TMAR y costo de capital**

La TMAR también recibe el nombre de tasa base para proyectos; es decir que, para que se considere viable desde el punto de vista financiero, la TR esperada debe ser igual o superior a la TMAR o tasa base. La TMAR no es una tasa que se calcule como una TR. La TMAR es establecida por dirección (financiera) y se utiliza como criterio para valorar la TR de una alternativa, en el momento de tomar decisiones de aceptación o rechazo. Para comprender fundamentalmente cómo se fija y aplica un valor para la TMAR, se debe volver al término capital. La palabra capital también recibe el nombre de fondos de capital y de inversión de capital. En general el obtener capital siempre cuesta dinero en la forma de interés. El interés, establecido en la forma de tasa de porcentaje, recibe el nombre de costo del capital. En general, el capital se obtiene de dos formas: por financiamiento de patrimonio y por financiamiento de deuda. Para la mayoría de los proyectos, se acostumbra hacer una combinación de ambos.

#### **2.4.3.4.3. Determinación de TMAR y costo capital**

El costo de capital se obtiene de venta de acciones preferenciales, venta de acciones comunes y uso de las utilidades conservadas. El costo de cada tipo de financiamiento se calcula por separado. El costo de capital es el porcentaje establecido de los dividendos, la emisión de acciones preferenciales conlleva el compromiso de pagar un dividendo establecido. La teoría indica que un estudio económico realizado adecuadamente utiliza una TMAR igual al costo del capital destinado a las alternativas. Cuando se realiza una combinación de capital deuda y capital propio, el costo promedio ponderado de capital (CPPC) es el que determina la TMAR. La lógica indica que la TMAR se debe fijar dentro de los valores del costo capital patrimonial y el CPPC de la empresa. Los riesgos de la alternativa deben analizarse por separada luego de calcular la TMAR. La TMAR no debe incrementarse arbitrariamente con el fin de tomar en cuenta los riesgos que implica la estimación de flujos de efectivo.

#### **2.5. Montaje, instalación y conservación industrial**

Es muy común confundir los términos montaje e instalación, sin embargo, poseen significados diferentes. El montaje industrial se realiza para ubicar una máquina en un espacio determinado, y la instalación industrial consiste en proporcionarle a la máquina montada los recursos necesarios para funcionar. Luego de realizados un montaje e instalación adecuados, se debe determinar un plan de conservación industrial para garantizar la vida útil de la máquina. A continuación se definen estos términos con mayor profundidad:

## **2.5.1. Montaje industrial**

Se debe realizar un plan de montaje donde se determine la fecha, el horario y el personal que estará a cargo del montaje, teniendo en cuenta los siguientes estudios para llevarlo a de manera eficaz.

### **2.5.1.1. Determinación de características técnicas de la máquina a montar**

Como primer punto para realizar un correcto montaje industrial se deben conocer las especificaciones técnicas de la máquina a montar, esto con el fin de conocer cuáles son los requerimientos mínimos necesarios para que la maquinaria brinde un servicio con la calidad esperada. Algunas de las características o especificaciones esenciales a conocer son las siguientes.

- Dimensiones
- Peso
- Tipo de control (manual o automático)
- Potencia instalada
- Tensión de trabajo
- Presión de aire o hidráulica de trabajo
- Capacidad de producción

Una vez determinadas las características técnicas de la máquina, es posible determinar un área dentro del espacio industrial para realizar el montaje de la misma. Por otra parte, es posible determinar si la empresa cuenta con los servicios industriales necesarios para mantener en funcionamiento una máquina.

#### **2.5.1.2. Evaluación de servicios industriales**

Una vez que se han determinado las características técnicas de la máquina a montar, estas se deben comparar con los servicios industriales con los que cuenta, con el fin de verificar que se poseen los recursos industriales y servicios necesarios para mantener la máquina, de no ser así se debe realizar un estudio para determinar los recursos adicionales que se necesitan para realizar un montaje eficiente.

#### **2.5.1.3. Estudio de cimentación**

Al momento de escoger un área para montar una máquina se debe evaluar el suelo o cimentación que se posee en esta área, ya que las máquinas poseen un peso determinado, el cual, combinado con las vibraciones producidas por el trabajo de la máquina, puede ser capaz de dañar a largo plazo el suelo o cimentación del área donde fue instalada y, en el peor de los casos, dañar la máquina misma.

#### **2.5.1.4. Análisis de distribución**

Al momento de realizar el montaje de una máquina nueva en una industria, que ya cuenta con un proceso de trabajo establecido, se debe realizar un análisis de distribución que permita incorporar el equipo nuevo al proceso ya

existente, sin perjudicarlo con respecto a espacio físico y cualquier efecto que pueda tener la máquina nueva sobre el proceso ya establecido. El análisis de distribución es un procedimiento lógico que permite ordenar los equipos, maquinaria, etc., de un proceso con el fin de mejorar el aprovechamiento de recursos y facilidad de trabajo, en general se trata de realizar una distribución de tal modo que se obtenga un proceso lineal de trabajo sin interrupciones significativas. El diagrama de proceso de recorrido puede ser una herramienta muy útil para determinar una distribución adecuada, agregando una nueva máquina al proceso actual, además permite analizar el área disponible en conjunto con el proceso que tiene lugar en la misma.

#### **2.5.1.5. Equipo necesario para el montaje**

Una vez que se ha determinado un área capaz de soportar las cargas generadas por la máquina, un área en donde la máquina no interrumpirá el proceso y tendrá acceso a todos los recursos necesarios para funcionar, entonces se debe determinar el equipo necesario para transportar y ubicar adecuadamente la maquinaria desde su punto de fabricación. Por lo general se utiliza principalmente maquinaria pesada como montacargas para mover y ubicar la máquina justo en el área determinada. Por otra parte, se utilizan todo tipo de instrumentos auxiliares que permitan la comunicación entre los encargados del montaje y la ubicación adecuada de la máquina, como metros y planos arquitectónicos. El plan de montaje debe indicar como mínimo los siguientes aspectos:

- Adquisición de equipo necesario para realizar el montaje.
- Adecuación del área a utilizar (redistribución de maquinaria ya existente, de ser necesario).

- Procedimiento para el transporte y ubicación de la nueva maquinaria en el área determinada.

## **2.5.2. Instalación industrial**

Luego de realizar un adecuado montaje industrial del equipo o maquinaria en el área establecida, entonces se procede a instalar la maquinaria. La instalación de la maquinaria consiste en proporcionarle a esta todos los recursos necesarios para su funcionamiento adecuado, como la electricidad, agua, aire comprimido, componentes hidráulicos, etc., para esto es necesario conocer las especificaciones de trabajo de la maquinaria. Dentro de este punto se determina la fuente de origen de suministro de recursos, el medio necesario para transportar el recurso a la máquina y los accesorios necesarios para conectar esta a la fuente de recursos. Dentro de los medios más utilizados en la industria para transportar los recursos desde su origen hasta la maquinaria se encuentran las canaletas para electricidad y las tuberías para fluidos como agua, aire o componentes hidráulicos.

## **2.5.3. Conservación industrial**

Dentro de la industria el término conservación hace referencia a la conservación de los recursos físicos. La conservación industrial tiene como objetivos principales proteger el recurso y preservar la calidad deseada del servicio que este proporciona.

### **2.5.3.1. Concepto de conservación**

La conservación industrial trata de mantener la calidad y cantidad del servicio que presta un recurso dentro de la empresa y al mismo tiempo

pretende preservar el costo del ciclo de vida del recurso o, más bien, mantener su integridad física. La conservación pretende aprovechar de forma óptima los recursos existentes dentro de un ambiente, la misma se divide en preservación y mantenimiento.

### **2.5.3.2. Preservación y mantenimiento**

En determinadas ocasiones estos dos términos se confunden entre sí, por lo cual es importante diferenciarlos, como por ejemplo, al momento de pintar el casco de hierro de un barco se debe utilizar pintura que sea capaz de protegerlo contra la corrosión del agua salada del océano, a esto se le conoce como preservación, ya que se conserva la integridad física del barco; cuando se reemplaza el engranaje, desgastado por uso, de la caja de velocidades de un auto, se considera a esta tarea como mantenimiento, ya que al reemplazar el engranaje desgastado se tendrá certeza que la caja de velocidades prestará un servicio con la calidad esperada.

- **Preservación:** todo recurso físico que funcione de forma normal dentro de una empresa posee una vida útil, la cual es considerada como el tiempo de funcionamiento que el recurso tiene hasta dejar de brindar un servicio con la calidad esperada. Para alcanzar el tiempo de vida útil, o incluso superarlo, se debe planear cuidadosamente las acciones necesarias para proteger la integridad del recurso, a estas acciones se les conoce como acciones de preservación (dirigidas al recurso y no al servicio que este ofrece). Por lo general el plan de preservación de una máquina o recurso es proporcionado por el proveedor del mismo, solo es necesario ajustarlo a la realidad respecto al uso del recurso dentro de la empresa.

- **Mantenimiento:** trabajos necesarios para asegurar que el servicio, proporcionado por parte de un recurso, cumpla con la calidad esperada. En determinadas ocasiones el equipo seleccionado no cumple con la calidad esperada del servicio, debido a que no es el equipo destinado para el servicio que se espera obtener, por ende, es importante verificar que el equipo utilizado para obtener un servicio es el adecuado para tal tarea, de lo contrario se debe reemplazar por el indicado. El mantenimiento es una actividad que garantiza la recuperación de calidad de un servicio proporcionado por un equipo, sistema, subsistema, etc. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. El correctivo es el tipo de mantenimiento que se le da a la maquinaria cuando se presenta una falla mecánica y deja de proporcionar la calidad de servicio esperada, este tipo de mantenimiento no es programable. El preventivo es el tipo de mantenimiento que se da para garantizar que la calidad del servicio, proporcionado por un recurso, se mantenga dentro de los límites establecidos, este tipo de mantenimiento es programable.

#### **2.5.4. Herramientas para administrar la conservación industrial**

Existen distintos tipos de herramientas utilizadas por un gerente de mantenimiento para administrar la conservación industrial, ya sea para corregir algún fallo o para realizar preservación o mantenimiento preventivo rutinario. Algunas de las herramientas más utilizadas son:

### 2.5.4.1. Índice ICGM

Este índice proporciona un medio para clasificar las actividades de mantenimiento, con el fin de darle prioridad a la tarea, dependiendo de sus características. El índice ICGM es útil cuando se tiene una lista de tareas de conservación para realizar y se dispone de recursos limitados, ya sea tiempo, mano de obra, etc., para lo cual el índice clasifica las tareas y le proporciona al gerente de conservación un indicador para detectar la importancia de cada tarea de mantenimiento, con el fin de realizar las tareas más importantes y dejar las menos importantes para el futuro. Para el cálculo del índice ICGM se tienen las siguientes variables:

- Código de máquina: hace referencia al recurso por atender, ya sea un equipo, una construcción o instalación determinada.
- Código de trabajo: identifica cada tipo de trabajo en dichos recursos.

Para la obtención del índice se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Índice ICGM} = \text{Código de máquina} * \text{Código de trabajo (8)}$$

- El índice ICGM tiene tres formas de aplicarlo:
  - Jerarquía: le proporciona un nivel de importancia a cada tarea de conservación.
  - Presupuesto: permite realizar un presupuesto racional anual para los gastos de conservación.
  - Trabajo: determinar la cantidad de trabajo a realizar

- Existen dos métodos principales utilizados para el cálculo del índice ICGM:
  - El primer método se basa en el estudio del factor equipo y el factor trabajo, teniendo en cuenta distintas variables para cada uno. Las variables para el factor equipo y el factor trabajo son las siguientes:

Tabla VII. **Factores equipo y trabajo con sus respectivas variables**

| <b>Factor</b>  | <b>Variable</b>                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Equipo</b>  | Porcentaje de utilización (horas de trabajo a la semana).                                                                    |
|                | Porcentaje de rentabilidad (contribución de unidades en la empresa).                                                         |
|                | Factor de proceso (grado en que una falla en este equipo afecta al resto).                                                   |
| <b>Trabajo</b> | Costo por pérdida de calidad (se incurre cuando se pierde la calidad del producto).                                          |
|                | Costo por pérdida de producción (se incurre cuando se pierde cantidad de producción).                                        |
|                | Costo de mantenimiento aplazado (mano de obra directa y materiales extra cuando no se ejecuta una reparación).               |
|                | Costo por re-trabajo (se incurre cuando no se realiza una reparación y esto afecta a la mano de obra respecto al proceso).   |
|                | Costo por seguridad (ocurre cuando no se realiza una reparación y esta afecta la integridad de la mano de obra relacionada). |

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del factor equipo se deben multiplicar sus tres variables y para el cálculo del factor trabajo se deben sumar sus cinco variables. La multiplicación del factor trabajo con el factor equipo proporciona el índice ICGM.

- El segundo método es considerado como el más simple y el más utilizado por empresas mexicanas, consiste en 4 pasos fundamentales: el primer paso es estructurar un comité compuesto por personas conocedoras de conservación, producción y finanzas; en el segundo paso se levanta un inventario con todos los recursos que deben ser atendidos por el Departamento de Conservación; el tercer paso consiste en reunir al comité para realizar las juntas necesarias con el fin de clasificar cada equipo con un código, y el cuarto paso consiste en clasificar los trabajos al igual que las máquinas, con el fin de obtener un código de trabajo. Las tareas y los equipos pueden ser clasificados en conformidad con las siguientes tablas:

Tabla VIII. **Clasificación para código de máquina**

| CÓDIGO MÁQUINA | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10             | <b>RECURSOS VITALES.</b> Aquellos que influyen en más de un proceso, o cuya falla origina un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no está dispuesta a correr riesgos. Por ejemplo líneas de distribución de vapor, gas, aire, calderas, hornos, o subestación eléctrica.                                              |
| 9              | <b>RECURSOS IMPORTANTES.</b> Aquellos que, aunque están en la línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede operar adecuadamente el equipo vital y, además, no existen máquinas redundantes o de reserva, como montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etcétera. |
| 8              | <b>RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN,</b> similares a los anteriores (9), pero de los cuales existe reserva.                                                                                                                                                                                                             |
| 7              | <b>RECURSOS QUE INTERVIENEN EN FORMA DIRECTA EN LA PRODUCCIÓN,</b> como: dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales y máquinas de inspección, entre otros.                                                                                                                        |
| 6              | <b>RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN SIN REPLAZO,</b> tales como: equipo de aire acondicionado para el área de pruebas, equipos móviles, equipo para surtimiento de materiales en almacén.                                                                                                                                                    |
| 5              | <b>RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN CON REPLAZO,</b> similares al punto anterior, pero que sí tienen remplazo.                                                                                                                                                                                                                               |
| 4              | <b>RECURSOS DE EMBALAJE Y PINTURA,</b> como: compresoras, inyectores de aire, máquinas de pintura de acabado final, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que, además, se tenga remplazo.                                                                                                                       |
| 3              | <b>EQUIPOS GENERALES.</b> Unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etcétera.                                                                                                                                                                     |
| 2              | <b>EDIFICIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD,</b> alarmas, pasillos, almacenes, calles o estacionamientos.                                                                                                                                                                                                                         |
| 1              | <b>EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTÉTICAS.</b> Todo aquello que no participa directamente en la producción: jardines, campos deportivos, sanitarios, fuentes, entre otros.                                                                                                                                                                       |

Fuente: DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. *La productividad en el mantenimiento industrial.*

Índice ICGM. p. 10.

Tabla IX. **Clasificación para código de trabajo**

| CÓDIGO TRABAJO | DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10             | <b>PAROS:</b> Todo aquello que se ejecute para atender las causas de pérdida del servicio de la calidad esperada, proporcionado por las máquinas, instalaciones y construcciones, vitales e importantes; o aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos.      |
| 9              | <b>ACCIONES PREVENTIVAS URGENTES:</b> Todo trabajo tendente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el punto anterior (10), que pudieran seguir en inspecciones, pruebas, avisos de alarmas, etcétera.                                                                                                                                        |
| 8              | <b>TRABAJOS DE AUXILIO A PRODUCCIÓN:</b> Modificaciones tendentes a optimizar la producción, o surgidas por cambio de producto o para mejorar al mismo.                                                                                                                                                                                              |
| 7              | <b>ACCIONES PREVENTIVAS NO URGENTES:</b> Todo trabajo tendente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto (10); lubricación, atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, entre otros                                                                  |
| 6              | <b>ACCIONES PREVENTIVAS GENERALES:</b> Todo trabajo tendente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y donde no se hayan visualizado posibles fallas.                                                                                                                                                      |
| 5              | <b>ACCIONES RUTINARIAS:</b> Trabajos en máquina o equipos de repuesto, en herramientas de conservación y en rutinas de seguridad.                                                                                                                                                                                                                    |
| 4              | <b>ACCIONES PARA MEJORÍA DE LA CALIDAD:</b> Todo trabajo tendente a mejorar los resultados de producción y de conservación.                                                                                                                                                                                                                          |
| 3              | <b>ACCIONES PARA LA DISMINUCIÓN DEL COSTO:</b> Todo trabajo tendente a minimizar los costos de producción y conservación que no esté considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor de potencia eléctrica en la fábrica, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en verano, etcétera).         |
| 2              | <b>ACCIONES DE SALUBRIDAD Y ESTÁTICA:</b> Todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles donde el personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura, aseo o desinfección de lugares como subestación eléctrica y salas de computación, entre otros). |
| 1              | <b>ACCIONES DE ASEO Y ORDEN:</b> Trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de conservación                                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. *La productividad en el mantenimiento industrial*.

Índice ICGM. p. 104.

Al clasificar cada tarea y obtener su código de trabajo y código de máquina, se procede a calcular el índice ICGM utilizando la ecuación correspondiente, luego se ordenan las tareas dependiendo su ICGM y se considera como más importante la tarea que posea el ICGM más elevado.

#### 2.5.4.2. Costo mínimo de conservación

Se le conoce como costo de conservación a todos aquellos costos relacionados a los materiales y mano de obra necesarios para el cuidado de los recursos, ya sea de preservación o de mantenimiento. Generalmente estos costos se presentan anualmente con el nombre de presupuesto de conservación. Otro término importante es el de costos de tiempo de paro, los cuales son los ocurridos a causa del funcionamiento fuera de la calidad

esperada de una máquina, instalación, etc. Dentro de estos costos se tienen en cuenta los siguientes puntos:

- Producción perdida: valor que se dejó de recibir por haber perdido la calidad de servicio esperada de un recurso.
- Desperdicio y reelaboración: valor del producto perdido y su reelaboración.
- Deterioro del equipo, instalación o construcción: se consideran todos los costos causados por la mala calidad de la mano de obra de conservación o de operación.

Al momento de evaluar costos de paro es necesario tener en cuenta la cantidad monetaria total que se pierde a causa de tener un equipo, máquina, instalación o construcción detenida sin trabajar. El costo por paro debe ser determinado por especialistas de conservación, producción y contabilidad.

Los costos de paro y de conservación tienen valores variables que dependen del momento en que se den o más bien de la hora en que se presenten. Un costo de paro es mucho mayor cuando se da a la hora en que la producción está en su punto más elevado que cuando se da en un horario donde la producción es más leve. Teniendo estas consideraciones en cuenta se puede determinar la cantidad óptima de conservación que se le debe suministrar a un recurso específico. Cuando se tiene un costo de paro igual a un costo de conservación se obtiene costo mínimo de conservación, con lo cual se puede establecer la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel de costo de conservacion} = \frac{\text{Costo de paro}}{\text{Costo de coservacion}} * 100 \text{ (9)}$$

Cuando el nivel del costo de conservación sea igual a 1 entonces es cuando se ha alcanzado el costo mínimo de conservación, por tal razón los gerentes de conservación deben luchar por alcanzar dicho punto mediante los trabajos de conservación.

#### **2.5.4.3. Planeación de conservación industrial**

Por lo general, la empresa ocupa al personal de conservación en tareas de reparaciones, por lo cual en ocasiones no es fácil elaborar un plan para la conservación industrial. De esto viene la necesidad de realizar una jerarquización de tareas de mantenimiento y reparación, para poder introducir las funciones de conservación planeada conforme lo permitan el tiempo y los recursos disponibles. La conservación industrial planeada de los recursos permite reducir costos de producción y conservación y presenta los siguientes beneficios:

- Racionalizar tiempo dedicado a los recursos de la empresa
- Asegura y alarga el tiempo de vida útil de un recurso
- Minimiza el costo de reparaciones frecuentes y simples
- Asegura la calidad del servicio que presta el recurso
- Reducción de costos en pérdidas ocasionadas por paros

### **3. ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO**

#### **3.1. Diagramas de proceso**

Se plantea los diagramas de proceso de operaciones, el diagrama de flujo de operaciones y el diagrama de recorrido de las tres áreas del Departamento de Producción, las cuales son el área de corte, pulido y perforación de piezas de vidrio.

##### **3.1.1. Diagrama de operaciones**

El diagrama de operaciones detalla el proceso actual empleado para el corte, pulido y perforación de vidrio.

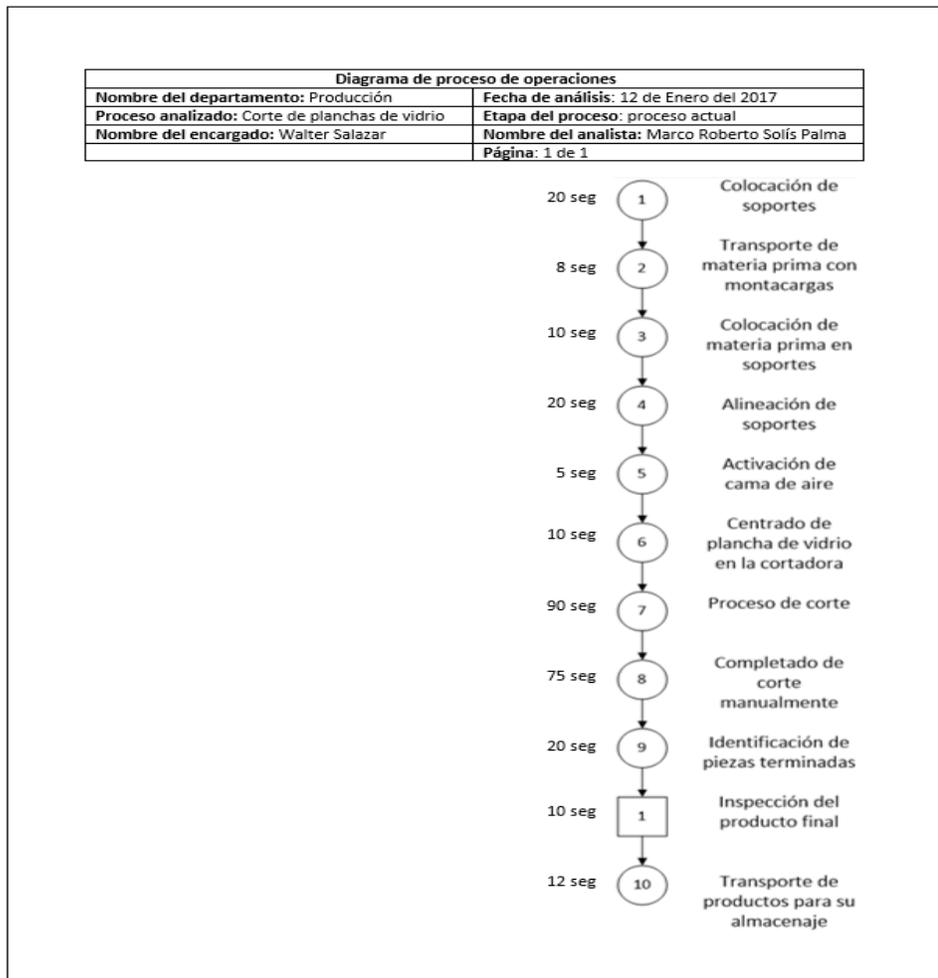
- **Área de corte**

El proceso utilizado para realizar cortes en piezas de vidrio posee las siguientes operaciones:

- Colocación de soportes de la máquina cortadora.
- Transporte de materia prima desde bodega a la máquina.
- Descarga de materia prima en soportes de la máquina.
- Alineación de soportes de la máquina con la mesa de corte.
- Activación de cama de aire de la máquina para poder ubicar las piezas de vidrio fácilmente.
- Centrado de la pieza de vidrio en la mesa de corte.
- Operación de corte por parte de la máquina.

- Completado de corte manualmente.
- Identificación de cada pieza obtenida.
- Inspección del producto final.
- Transporte del producto a su almacenaje.
- Almacenaje de productos.

Figura 9. Diagrama de operaciones del área de corte



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

Tabla X. **Resumen del diagrama de operaciones del área de corte**

| Tipo de acción | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|----------------|----------|-------------------|
| Operación      | 10       | 290               |
| Inspección     | 1        | 10                |
| Totales        | 11       | 300               |

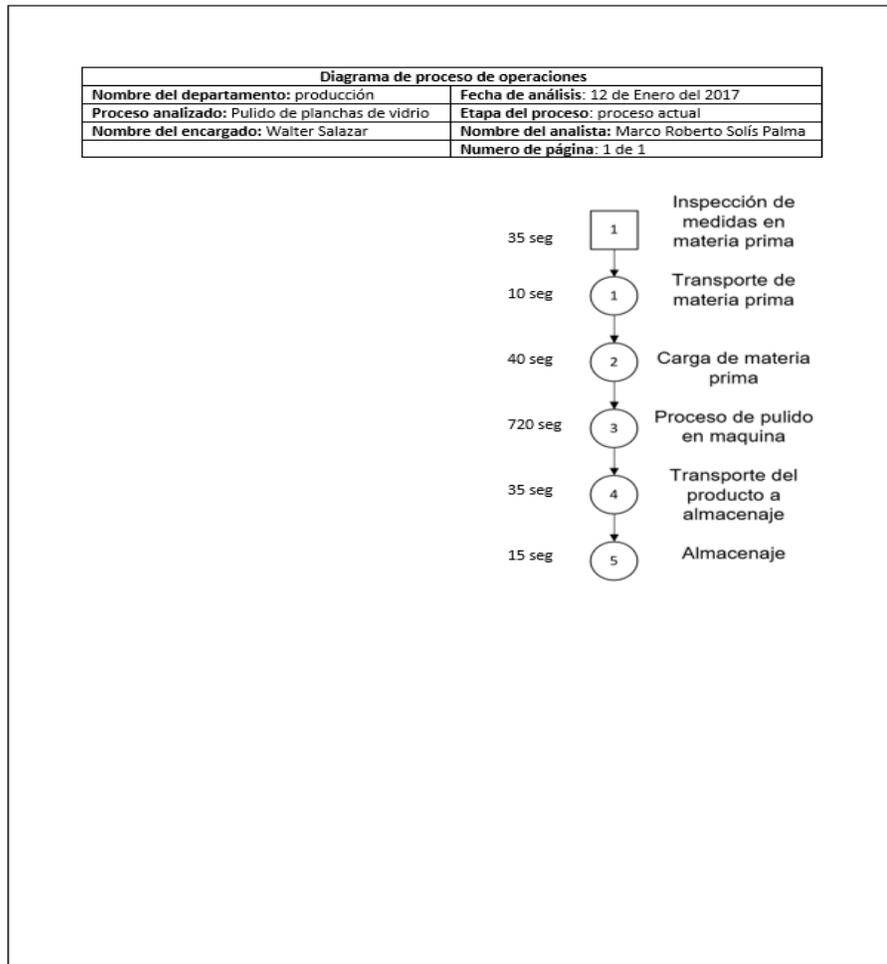
Fuente: elaboración propia.

- Área de pulido

El proceso empleado para pulir el filo de las piezas de vidrio posee las siguientes operaciones:

- Inspección de medidas en materia prima
- Transporte de materia prima
- Carga de materia prima en máquina pulidora
- Proceso de pulido
- Transporte de productos a almacenaje
- Almacenaje del producto
- Desactivación de soportes
- Posicionamiento del montacargas
- Descarga del producto
- Secado del producto
- Transporte del producto
- Almacenaje del producto

Figura 10. Diagrama de operación del área de pulido



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

Tabla XI. Resumen del diagrama de operaciones del área de pulido

| Tipo de acción | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|----------------|----------|-------------------|
| Operación      | 5        | 820               |
| Inspección     | 1        | 35                |
| Totales        | 6        | 855               |

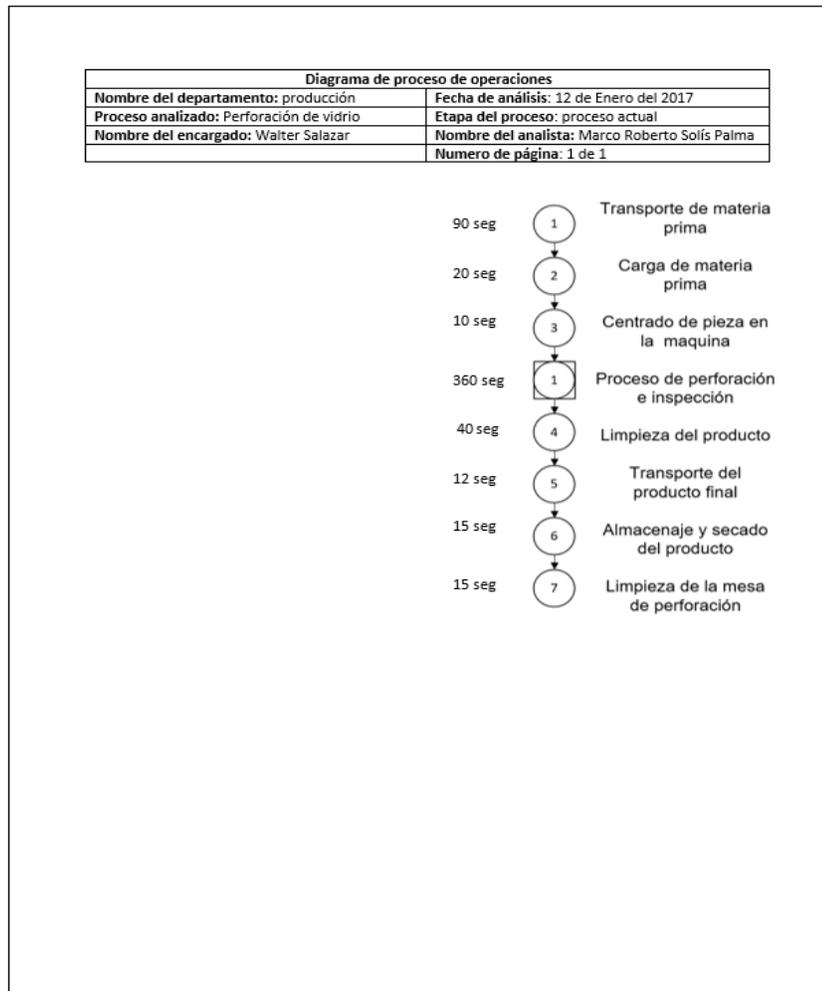
Fuente: elaboración propia.

- Área de perforación

El proceso empleado para perforar las piezas de vidrio posee las siguientes operaciones:

- Transporte de materia prima
- Carga de materia prima
- Centrado de pieza en máquina
- Proceso de perforación en máquina
- Limpieza del producto
- Transporte del producto
- Almacenaje y secado del producto
- Limpieza de la mesa de perforación

Figura 11. Diagrama de operación del área de perforación



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

Tabla XII. Resumen del diagrama de operaciones del área de perforación

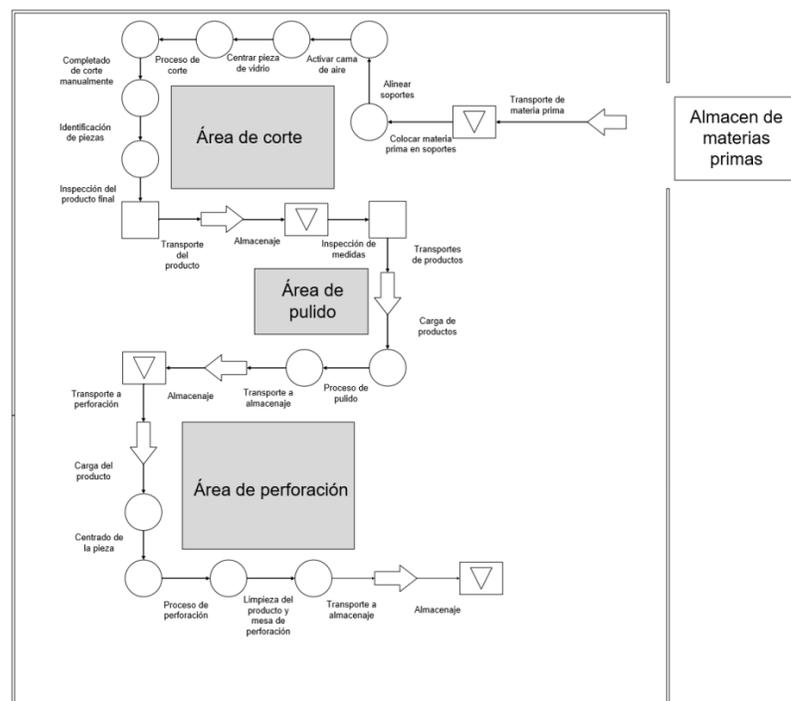
| Tipo de acción         | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|------------------------|----------|-------------------|
| Operación              | 7        | 202               |
| Operación e Inspección | 1        | 360               |
| Totales                | 8        | 562               |

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido representa el movimiento de una pieza de vidrio en el proceso de fabricación de la línea de producción:

Figura 12. Diagrama de recorrido del Departamento de Producción



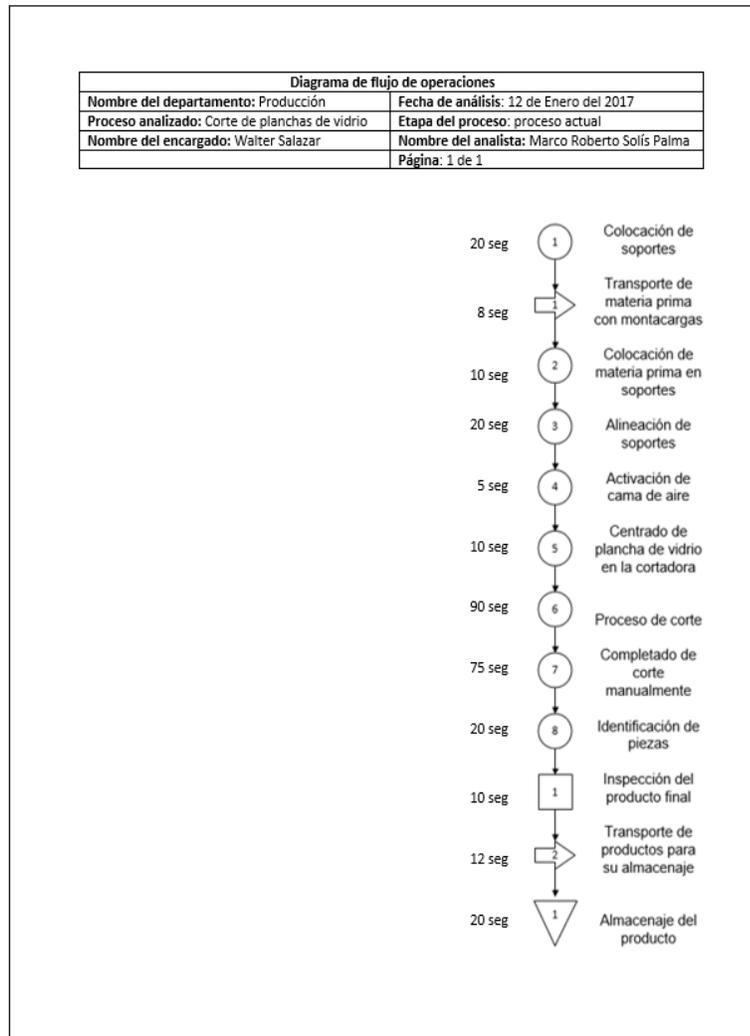
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

### 3.1.3. Diagrama de flujo de operaciones

El diagrama de flujo de operaciones permite distinguir, entre las operaciones comunes, los puntos del proceso en los cuales se realiza una operación de transporte, demora o almacenaje.

- Área de corte

Figura 13. Diagrama de flujo de operaciones del área de corte



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

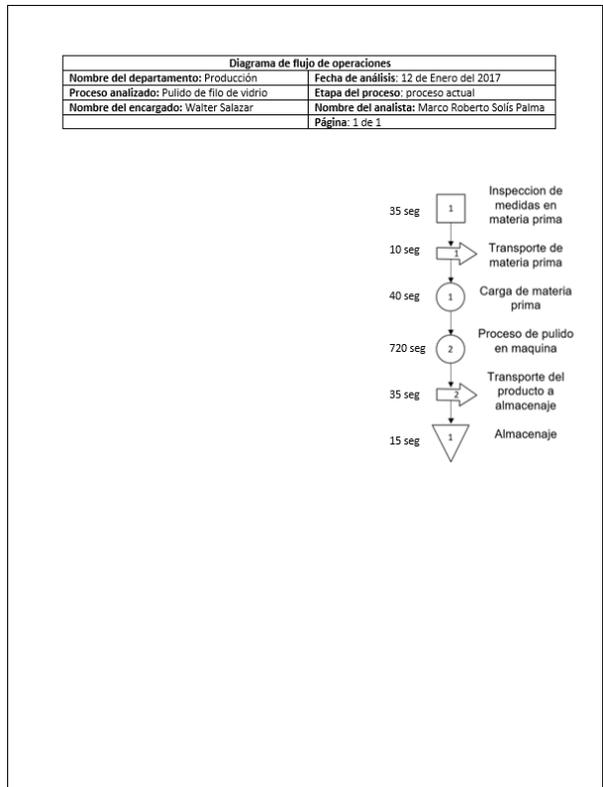
Tabla XIII. **Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de corte**

| Tipo de acción | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|----------------|----------|-------------------|
| Operación      | 8        | 250               |
| Inspección     | 1        | 10                |
| Transporte     | 2        | 20                |
| Almacenaje     | 1        | 20                |
| Totales        | 12       | 300               |

Fuente: elaboración propia.

- Área de pulido

Figura 14. **Diagrama de flujo de operaciones del área de pulido**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

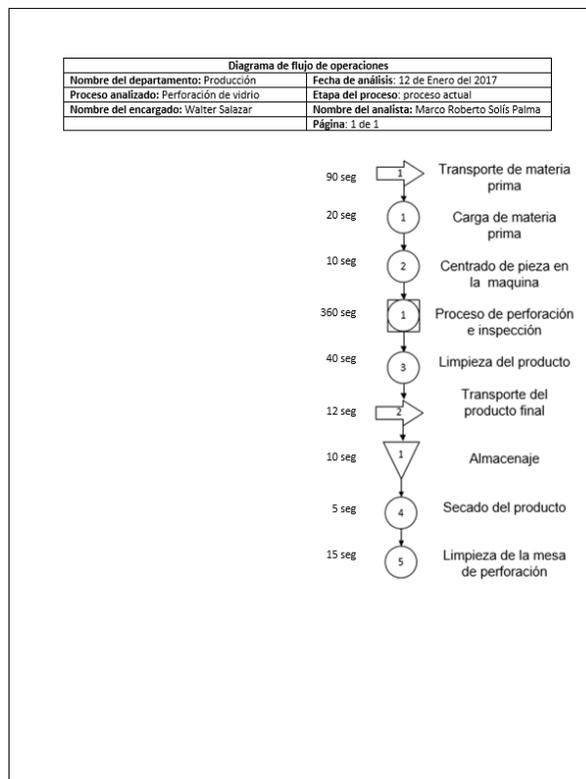
Tabla XIV. **Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de pulido**

| Tipo de acción | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|----------------|----------|-------------------|
| Operación      | 2        | 760               |
| Inspección     | 1        | 35                |
| Transporte     | 2        | 45                |
| Almacenaje     | 1        | 15                |
| Totales        | 6        | 855               |

Fuente: elaboración propia.

- Área de perforación

Figura 15. **Diagrama de flujo de operaciones del área de perforación**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

Tabla XV. **Resumen del diagrama de flujo de operaciones del área de perforación**

| Tipo de acción         | Cantidad | Tiempo (Segundos) |
|------------------------|----------|-------------------|
| Operación              | 5        | 90                |
| Transporte             | 2        | 102               |
| Almacenaje             | 1        | 10                |
| Operación e inspección | 1        | 360               |
| Totales                | 9        | 562               |

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Medición del trabajo**

Se realizó una medición del trabajo para determinar el tiempo necesario para realizar cada actividad del proceso y la capacidad de producción.

#### **3.2.1. Estudio de tiempos**

Se realizó un estudio de tiempos en las tres áreas principales de trabajo del Departamento de Producción, las cuales son el área de corte, pulido y perforación de vidrio. Para el desarrollo del estudio se utilizó el método de cronometraje de tiempos en cada tarea correspondiente a cada área de trabajo. El procedimiento se realizó durante una hora continua de trabajo para las áreas de corte y pulido.

- Área de corte: el área cuenta con un operador de máquina y cuatro ayudantes. Se cronometró el tiempo en segundos, respecto de las tareas correspondientes al diagrama de operaciones del área de corte (figura 9.) Los resultados fueron los siguientes:

Tabla XVI. **Toma de tiempo en segundos del área de corte**

| Tarea                         | T1 | T2  | T3  | T4  | T5 | T6   | T7   | Total |
|-------------------------------|----|-----|-----|-----|----|------|------|-------|
| Colocación de soportes        | 15 | 15  | 15  | 15  | 15 | 15   | 15   | 105   |
| Transporte de materia prima   | 5  | 5   | 5   | 5   | 5  | 12.5 | 12.5 | 50    |
| Materia prima a soportes      | 8  | 8   | 8   | 8   | 8  | 8    | 8    | 56    |
| Alineación de soportes        | 15 | 15  | 15  | 15  | 15 | 15   | 15   | 105   |
| Activación de cama de aire    | 2  | 2   | 2   | 2   | 2  | 2    | 2    | 14    |
| Centrado de plancha de vidrio | 8  | 14  | 6   | 8   | 4  | 5    | 4    | 49    |
| Proceso de corte              | 79 | 112 | 87  | 110 | 43 | 90   | 35   | 556   |
| Corte final manualmente       | 35 | 120 | 105 | 165 | 20 | 125  | 15   | 585   |
| Identificación de piezas      | 10 | 20  | 30  | 60  | 5  | 20   | 10   | 155   |
| Inspección de producto final  | 15 | 20  | 15  | 20  | 7  | 14   | 7    | 98    |

Fuente: elaboración propia.

Durante el trabajo se utilizaron siete planchas de vidrio, por tal razón en la tabla XVI se muestra una toma de datos desde T1 hasta T7. Se obtuvieron un total de cuarenta y nueve piezas cortadas. Al realizar la sumatoria de tiempos tomados durante una hora se tiene un total de 1 951 segundos, lo cual es igual a 32,52 minutos, esto se debe a que el operador de la máquina utilizó 25 minutos de tiempo para realizar los diseños correspondientes a cada pieza a cortar de las siete planchas, con lo cual se obtiene un total de 57,52 minutos de trabajo para el operador de la máquina, el resto del tiempo es de suplementos como ocio o retrasos comunes para los ayudantes. El tiempo de trabajo de la máquina es la alineación de soportes, colocación de soportes y el proceso de corte, obteniendo un total de 776 segundos o 12,77 minutos de trabajo. Al analizar el porcentaje de utilización del recurso tiempo se obtienen los siguientes resultados:

$$\circ \quad \text{Tiempo Ayudantes} = \frac{32,51 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 54,19\%$$

- $\text{Tiempo Operador} = \frac{57,51 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 95,86\%$
- $\text{Tiempo Máquina} = \frac{12,77 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 21,30\%$

El análisis del tiempo indica que los ayudantes aprovechan un 54,19 %, el operador de la máquina aprovecha un 95,86 % y se utiliza la máquina el 21,30 % del tiempo trabajado. Es importante mencionar que algunas de las piezas cortadas durante este proceso poseen una forma no cuadrada, lo cual incrementa el tiempo de dibujo y el tiempo de ocio de los ayudantes.

- Área de pulido: el área cuenta con un operador de máquina y tres ayudantes. Se cronometró el tiempo en segundos, respecto de las tareas correspondientes al diagrama de operaciones del área de pulido (figura10.). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla XVII. **Toma de tiempo en segundos del área de pulido**

| Tarea                       | T1  | T2  | T3  | T4  | Total |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| Transporte de materia prima | 40  | 30  | 40  | 40  | 150   |
| Inspección de medidas       | 8   | 6   | 8   | 8   | 30    |
| Carga de materia prima      | 40  | 30  | 40  | 40  | 150   |
| Proceso de pulido           | 800 | 650 | 750 | 700 | 2 900 |
| Transporte a almacenaje     | 40  | 30  | 40  | 40  | 150   |
| Almacenaje                  | 16  | 12  | 16  | 16  | 60    |
| Total                       | 944 | 758 | 894 | 844 | 3 440 |

Fuente: elaboración propia.

Se trabajaron cuatro rondas de piezas durante una hora de observaciones, con un total de quince piezas trabajadas. El tiempo total de las tareas es de 3

440 segundos, lo que es igual a 57,33 minutos de trabajo durante una hora. La máquina de pulido trabajó durante 2 900 segundos o 48,33 minutos. Al analizar el porcentaje de utilización del recurso tiempo se obtienen los siguientes resultados:

- Tiempo humano =  $\frac{57,33 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 95,56\%$
- Tiempo máquina =  $\frac{48,33 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 80,60\%$

A diferencia del área de corte, los ayudantes y el operador de la máquina del área de pulido realizan la misma cantidad de tareas, por lo cual se tiene un porcentaje de aprovechamiento del tiempo igual para el operador de la máquina y para los ayudantes. Con un 95,56 % del aprovechamiento del tiempo, el área de pulido está trabajando de una forma óptima y sin pérdidas mayores de tiempo. La máquina trabajó un 80,60 % del tiempo total analizado.

- Área de perforación: la máquina de perforación cuenta con un operador de máquina y dos ayudantes. Se cronometró el tiempo en segundos, respecto de las tareas correspondientes al diagrama de operaciones del área de perforación (figura 10.). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla XVIII. **Toma de tiempo en segundos del área de perforación**

| Tarea                 | T1  | T2  | T3  | Total |
|-----------------------|-----|-----|-----|-------|
| Transporte de materia | 100 | 110 | 95  | 305   |
| Carga de materia      | 20  | 17  | 32  | 69    |
| Centrado de pieza     | 8   | 6   | 5   | 19    |
| Proceso de            | 348 | 305 | 471 | 1 124 |
| Limpieza del producto | 44  | 45  | 43  | 132   |
| Transporte del        | 12  | 9   | 10  | 31    |

Continuación tabla XVIII.

|                                    |     |     |     |       |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-------|
| Almacenaje y secado del producto   | 20  | 10  | 30  | 60    |
| Limpieza de la mesa de perforación | 24  | 20  | 18  | 62    |
| Total                              | 576 | 522 | 704 | 1 802 |

Fuente: elaboración propia.

La máquina del área de perforación procesó tres piezas en un período de media hora. En total las operaciones tomaron 1 802 segundos, lo que es igual a 30,03 minutos de trabajo. El operador de la máquina y los dos ayudantes trabajaron durante 678 segundos o 11,30 minutos, la máquina fue utilizada durante 1 124 segundos o 18,73 minutos. Al analizar el porcentaje de utilización del recurso tiempo se obtienen los siguientes resultados:

- Tiempo humano =  $\frac{11,30 \text{ minutos}}{30,03 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 37,67 \%$
- Tiempo máquina =  $\frac{18,73 \text{ minutos}}{30,03 \text{ minutos de trabajo}} * 100 = 62,4\%$

El análisis indica que el operador de la máquina y los ayudantes aprovecharon el 37,67 % del tiempo de trabajo, esto se debe a que la mitad del tiempo de trabajo es ocupado por la máquina y durante este proceso el operador y los ayudantes tienen tiempo de ocio que puede ser aprovechado en otras actividades, por otra parte, el operador de la máquina se encarga de dibujar las perforaciones a realizar en caso de que no existan en la memoria de la máquina, lo cual le toma de 8 a 12 minutos por pieza; en este caso no se dibujaron las perforaciones.

### 3.2.2. Capacidad de producción

Se plantea que la capacidad de producción es la cantidad de producto que cada área del Departamento de Producción puede producir durante un tiempo determinado, en este caso se determina una capacidad de producción en términos de volumen, ya que se procesan gran cantidad de piezas de vidrio cada una con distintas dimensiones. El estudio de la capacidad de producción se realizó en conjunto con el estudio de tiempos de la sección 3.2.1. del presente trabajo.

- Área de corte: el área de corte produjo un total de cuarenta y nueve piezas de vidrio en el transcurso de una hora, las dimensiones de espesor, ancho y alto de cada pieza producida son las siguientes:

Tabla XIX. Producción del área de corte

| Pieza | Dimensiones | T1 (mm) | T2 (mm) | T3 (mm) | T4 (mm) | T5 (mm) | T6 (mm) | T7 (mm) |
|-------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | Espesor     | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       |
|       | Ancho       | 974     | 1 446   | 1 255   | 360     | 385     | 603     | 503     |
|       | Alto        | 1 965   | 1 250   | 1 192   | 770     | 390     | 1 503   | 1 503   |
| 2     | Espesor     | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       |
|       | Ancho       | 1 280   | 475     | 500     | 1 260   | 100     | 943     | 393     |
|       | Alto        | 1 980   | 680     | 950     | 1 430   | 440     | 993     | 742     |
| 3     | Espesor     | 5       | 5       | 5       | 5       | 0       | 5       | 0       |
|       | Ancho       | 1 175   | 1 280   | 1 410   | 500     | 0       | 1 103   | 0       |
|       | Alto        | 460     | 1 980   | 850     | 950     | 0       | 803     | 0       |
| 4     | Espesor     | 5       | 5       | 5       | 5       | 0       | 5       | 0       |
|       | Ancho       | 680     | 1 410   | 1 250   | 455     | 0       | 1 483   | 0       |
|       | Alto        | 475     | 850     | 1 446   | 620     | 0       | 1 393   | 0       |
| 5     | Espesor     | 5       | 5       | 5       | 5       | 0       | 5       | 0       |
|       | Ancho       | 563     | 410     | 462     | 385     | 0       | 403     | 0       |
|       | Alto        | 410     | 563     | 392     | 390     | 0       | 903     | 0       |

Continuación tabla XIX.

|   |         |     |       |   |     |   |   |   |
|---|---------|-----|-------|---|-----|---|---|---|
| 6 | Espesor | 5   | 5     | 0 | 5   | 0 | 0 | 0 |
|   | Ancho   | 295 | 1 175 | 0 | 688 | 0 | 0 | 0 |
|   | Alto    | 290 | 460   | 0 | 603 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Espesor | 0   | 5     | 0 | 5   | 0 | 0 | 0 |
|   | Ancho   | 0   | 280   | 0 | 620 | 0 | 0 | 0 |
|   | Alto    | 0   | 270   | 0 | 455 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Espesor | 0   | 5     | 0 | 5   | 0 | 0 | 0 |
|   | Ancho   | 0   | 392   | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 |
|   | Alto    | 0   | 462   | 0 | 511 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Espesor | 0   | 0     | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 |
|   | Ancho   | 0   | 100   | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 |
|   | Alto    | 0   | 450   | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIX se muestra que en total se produjeron treinta y siete piezas de vidrio, las casillas marcadas con azul indican que las piezas se produjeron dos veces y la casilla roja indica que la pieza se produjo cuatro veces, obteniendo así cuarenta y nueve piezas en total. Con los datos obtenidos se procede a calcular el volumen de cada pieza de la siguiente forma:

$$\circ \quad \text{Volumen}_{1T1} = 5\text{mm} * 974\text{mm} * 1\,965\text{mm} = 9\,569\,550 \text{ mm}^3$$

El cálculo del volumen de cada pieza se hizo de la misma forma, sin olvidar que algunas piezas se produjeron dos o cuatro veces, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XX. **Volumen de cada pieza trabajada en el área de corte**

| Pieza | T1 (mm <sup>3</sup> ) | T2 (mm <sup>3</sup> ) | T3 (mm <sup>3</sup> ) | T4 (mm <sup>3</sup> ) | T5 (mm <sup>3</sup> ) | T6 (mm <sup>3</sup> ) | T7 (mm <sup>3</sup> ) |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1     | 9 569 550             | 9 037 500             | 14 959 600            | 2 772 000             | 750 750               | 9 063 090             | 3 780 045             |
| 2     | 12 672 000            | 3 230 000             | 4 750 000             | 18 018 000            | 220 000               | 9 363 990             | 1 458 030             |

Continuación tabla XX.

|           |            |            |            |            |         |            |           |
|-----------|------------|------------|------------|------------|---------|------------|-----------|
| 3         | 2 702 500  | 12 672 000 | 5 992 500  | 9 500 000  | 0       | 4 428 545  | 0         |
| 4         | 1 615 000  | 5 992 500  | 9 037 500  | 1 410 500  | 0       | 10 329 095 | 0         |
| 5         | 1 154 150  | 1 154 150  | 905 520    | 750 750    | 0       | 1 819 545  | 0         |
| 6         | 427 750    | 2 702 500  | 0          | 2 074 320  | 0       | 0          | 0         |
| 7         | 0          | 756 000    | 0          | 1 410 500  | 0       | 0          | 0         |
| 8         | 0          | 905 520    | 0          | 1 533 000  | 0       | 0          | 0         |
| 9         | 0          | 450 000    | 0          | 0          | 0       | 0          | 0         |
| Sumatoria | 28 140 950 | 36 900 170 | 35 645 120 | 37 469 070 | 970 750 | 35 004 265 | 5 238 075 |

Fuente: elaboración propia.

Si se realiza una suma de la tabla XX, de la fila con nombre de “Sumatoria”, de la columna T1 hasta T7, se obtiene el volumen total de producción por hora, que es 179, 368, 400 mm<sup>3</sup>. Por último, se realiza la conversión de mm<sup>3</sup> a m<sup>3</sup> de toda la producción realizada, para obtener el valor de m<sup>3</sup> producidos por hora:

$$\circ \quad \text{Volumen en m}^3 = \frac{179\,368\,400 \frac{\text{mm}^3}{h}}{(1\,000\text{mm})^3} = 0,1793684 \frac{\text{m}^3}{h}$$

- Área de pulido: el área de pulido proceso un total de quince piezas en una hora, se anotaron las dimensiones de espesor, ancho y alto de cada pieza procesada en milímetros, los datos obtenidos son:

Tabla XXI. **Producción del área de pulido**

| Pieza | Dimensiones | T1 (mm) | T2 (mm) | T3 (mm) | T4 (mm) |
|-------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | Espesor     | 10      | 10      | 10      | 10      |
|       | Ancho       | 1 115   | 994     | 375     | 375     |
|       | Alto        | 1 250   | 1 050   | 2 500   | 483     |

Continuacion tabla XXI

|   |         |       |       |       |     |
|---|---------|-------|-------|-------|-----|
| 2 | Espesor | 10    | 10    | 10    | 10  |
|   | Ancho   | 2 014 | 460   | 934   | 934 |
|   | Alto    | 1 086 | 1 050 | 2 500 | 483 |
| 3 | Espesor | 10    | 10    | 10    | 10  |
|   | Ancho   | 1 856 | 650   | 934   | 350 |
|   | Alto    | 1 072 | 2 090 | 2 500 | 483 |
| 4 | Espesor | 10    | 10    | 10    | 10  |
|   | Ancho   | 1 856 | 0     | 1 005 | 0   |
|   | Alto    | 1 073 | 0     | 2 500 | 0   |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI se muestra que en total se procesaron quince piezas de vidrio, las casillas marcadas con azul indican que se produjeron dos piezas con esas dimensiones. Con los datos obtenidos se procede a calcular el volumen de cada pieza, sin olvidar que una pieza se produjo dos veces. Los resultados obtenidos son:

Tabla XXII. **Volumen de cada pieza trabajada en el área de pulido**

| Pieza     | T1 (mm <sup>3</sup> ) | T2 (mm <sup>3</sup> ) | T3 (mm <sup>3</sup> ) | T4 (mm <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1         | 13 937 500,00         | 10 437 000,00         | 9 375 000,00          | 1 811 250,00          |
| 2         | 21 872 040,00         | 4 830 000,00          | 23 350 000,00         | 9 022 440,00          |
| 3         | 19 896 320,00         | 13 585 000,00         | 23 350 000,00         | 1 690 500,00          |
| 4         | 19 914 880,00         | 0                     | 25 125 000,00         | 0                     |
| Sumatoria | 75 620 740,00         | 28 852 000,00         | 81 200 000,00         | 12 524 190,00         |

Fuente: elaboración propia.

Si se realiza una sumatoria de la fila con nombre de Sumatoria, en la tabla XXII, de la columna T1 hasta T4, se obtiene el volumen total de producción por hora, el cual es: 198 196 930 mm<sup>3</sup>. Por último, se realiza la conversión de mm<sup>3</sup>

a m<sup>3</sup> de toda la producción realizada, para obtener el valor de m<sup>3</sup> producidos por hora:

$$\circ \quad \text{Volumen en m}^3 = \frac{198\,196\,930 \frac{\text{mm}^3}{h}}{(1\,000\text{mm})^3} = 0,19819393 \frac{\text{m}^3}{h}$$

- Área de perforación

La máquina de perforación procesó un total de tres piezas de vidrio en el transcurso de media hora, se anotaron las dimensiones de espesor, ancho y alto de cada pieza en milímetros, los datos obtenidos son:

**Tabla XXIII. Dimensiones de las piezas procesadas en el área de perforación**

| Pieza | Dimensiones | T1 (mm) | T2 (mm) | T3 (mm) |
|-------|-------------|---------|---------|---------|
| 1     | Alto        | 2 017   | 2 012   | 2 695   |
|       | Ancho       | 709     | 743     | 787     |
|       | Espesor     | 10      | 10      | 10      |

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos en la tabla se procede a calcular el volumen de cada pieza, los resultados obtenidos son:

**Tabla XXIV. Volumen de cada pieza trabajada en el área de perforación**

| T1 (mm <sup>3</sup> ) | T2 (mm <sup>3</sup> ) | T3 (mm <sup>3</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 14 300 530            | 14 949 160            | 21 209 650            |

Fuente: elaboración propia.

Al sumar el volumen de cada pieza se tiene un total de 50 459 340 mm<sup>3</sup> procesados en media hora. Por último, se realiza la conversión de mm<sup>3</sup> a m<sup>3</sup> y se obtiene lo siguiente:

$$\circ \quad \text{Volumen en m}^3 = \frac{50\,459\,340 \text{ mm}^3}{(1\,000\text{mm})^3} = 0,050459340 \frac{\text{m}^3}{\text{media hora}}$$

### 3.3. Análisis de demanda

Se plantea el análisis de la demanda mensual de los años 2015 y 2016 para comparar los datos con la capacidad de producción determinada en la sección 3.2.2 del presente trabajo, esto permite tener una vista general sobre cómo la capacidad de producción instalada es capaz de satisfacer la demanda mensual de producto.

#### 3.3.1. Tabulación de datos históricos

A continuación se presentan los datos correspondientes a la demanda mensual de productos en metros cúbicos de cada mes de los años 2015 y 2016:

Tabla XXV. **Tabulación de datos históricos de la demanda de producto**

| Año  | Mes     | Volumen solicitado (m <sup>3</sup> ) |
|------|---------|--------------------------------------|
| 2015 | Enero   | 25.00                                |
|      | Febrero | 28.00                                |
|      | Marzo   | 27.00                                |
|      | Abril   | 25.50                                |
|      | Mayo    | 25.80                                |
|      | Junio   | 26.00                                |
|      | Julio   | 28.00                                |
|      | Agosto  | 27.50                                |

Continuación tabla XXV.

|      |            |       |
|------|------------|-------|
| 2015 | Septiembre | 27.00 |
|      | Octubre    | 29.00 |
|      | Noviembre  | 29.50 |
|      | Diciembre  | 24.00 |
| 2016 | Enero      | 27.50 |
|      | Febrero    | 31.00 |
|      | Marzo      | 30.00 |
|      | Abril      | 28.00 |
|      | Mayo       | 28.40 |
|      | Junio      | 28.60 |
|      | Julio      | 31.00 |
|      | Agosto     | 30.00 |
|      | Septiembre | 30.00 |
|      | Octubre    | 32.00 |
|      | Noviembre  | 32.50 |
|      | Diciembre  | 25.00 |

Fuente: elaboración propia.

La empresa mide el valor de la demanda en metros cúbicos, ya que en su mayoría cada pieza producida posee diferentes dimensiones al resto de las mismas, es decir, cada pieza es diferente al resto.

### **3.3.2. Comparación de demanda con capacidad de producción**

Se plantea la comparación entre los datos obtenidos de la tabulación de demanda histórica de producto y la capacidad de producción instalada que posee el Departamento de Producción de la empresa. Como se mencionó anteriormente, este departamento cuenta con las áreas de corte, pulido y perforación, cada una con una capacidad de producción distinta. Utilizando la capacidad de producción obtenida en la sección 3.2.2 del presente trabajo, la producción teórica mensual que cada área debe producir trabajando ocho horas al día, cinco días a la semana y medio día los sábados es la siguiente:

- Producción corte =  $0,20 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} * 5,5 \frac{\text{día}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$ 
  - Producción corte mensual =  $35,20 \frac{\text{m}^3}{\text{mensuales}}$
  
- Producción pulido =  $0,18 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} * 5,5 \frac{\text{día}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$ 
  - Producción pulido mensual =  $31,68 \frac{\text{m}^3}{\text{mensuales}}$
  
- Producción perforación =  $0,10 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} * 5,5 \frac{\text{día}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$ 
  - Producción perforación mensual =  $17,60 \frac{\text{m}^3}{\text{mensuales}}$

La capacidad máxima de producción de una línea de producción es determinada por el área más lenta de trabajo, en este caso el área de perforación. Por tal razón, la capacidad máxima teórica de producción de la empresa es de 17,60 metros cúbicos al mes. A continuación se presenta el volumen mensual producido durante cada mes de los años 2015 y 2016:

Tabla XXVI. **Producción mensual realizada en los años 2015 y 2016**

| Año  | Mes     | Volumen producido (m <sup>3</sup> ) |
|------|---------|-------------------------------------|
| 2015 | Enero   | 15,84                               |
|      | Febrero | 16,63                               |
|      | Marzo   | 16,91                               |
|      | Abril   | 15,73                               |
|      | Mayo    | 15,69                               |
|      | Junio   | 15,98                               |
|      | Julio   | 17,53                               |
|      | Agosto  | 16,80                               |

Continuación tabla XXVI.

|      |            |       |
|------|------------|-------|
| 2015 | Septiembre | 17,34 |
|      | Octubre    | 17,18 |
|      | Noviembre  | 16,98 |
|      | Diciembre  | 15,77 |
| 2016 | Enero      | 15,68 |
|      | Febrero    | 17,49 |
|      | Marzo      | 16,01 |
|      | Abril      | 17,18 |
|      | Mayo       | 16,13 |
|      | Junio      | 16,81 |
|      | Julio      | 15,16 |
|      | Agosto     | 17,23 |
|      | Septiembre | 15,50 |
|      | Octubre    | 17,49 |
|      | Noviembre  | 17,59 |
|      | Diciembre  | 14,99 |

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVI muestra que la producción realizada en los años 2015 y 2016 se mantuvo con datos muy cercanos a la capacidad máxima de producción, lo cual indica que el valor de 17,60 metros cúbicos al mes como capacidad máxima de producción es un valor muy cercano al real. Comparando el volumen solicitado (ver tabla XXV) con el volumen producido del mes de enero del año 2015 (ver tabla XXVI), se obtiene un porcentaje de volumen no producido de la siguiente manera:

- Porcentaje de volumen no producido =  $\frac{25-15,84}{25} * 100 = 36,64\%$

Esto indica que en el mes de enero del año 2015 no se produjo un 36,64 % del volumen total del producto solicitado. Realizando los cálculos para cada mes del año 2015 y 2016 de la misma forma se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XXVII. **Porcentaje de volumen no producido**

| Año  | Mes        | Porcentaje de volumen no producido (%) |
|------|------------|----------------------------------------|
| 2015 | Enero      | 36,64                                  |
|      | Febrero    | 40,61                                  |
|      | Marzo      | 37,37                                  |
|      | Abril      | 38,31                                  |
|      | Mayo       | 39,19                                  |
|      | Junio      | 38,54                                  |
|      | Julio      | 37,39                                  |
|      | Agosto     | 38,91                                  |
|      | Septiembre | 35,78                                  |
|      | Octubre    | 40,76                                  |
|      | Noviembre  | 42,44                                  |
|      | Diciembre  | 34,29                                  |
| 2016 | Enero      | 42,98                                  |
|      | Febrero    | 43,58                                  |
|      | Marzo      | 46,63                                  |
|      | Abril      | 38,64                                  |
|      | Mayo       | 43,20                                  |
|      | Junio      | 41,22                                  |
|      | Julio      | 51,10                                  |
|      | Agosto     | 42,57                                  |
|      | Septiembre | 48,33                                  |
|      | Octubre    | 45,34                                  |
|      | Noviembre  | 45,88                                  |
|      | Diciembre  | 40,04                                  |

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVII muestra que la empresa obtuvo un porcentaje de incumplimiento del volumen solicitado entre el rango de 34,29 % a 51,10 % del volumen total solicitado en cada uno de los meses correspondientes a los años 2015 y 2016.

### 3.4. Evaluación de indicadores de eficiencia y eficacia

Se evalúa los indicadores de eficiencia y eficacia para determinar el aprovechamiento verdadero de los recursos disponibles y el nivel de cumplimiento de los objetivos propuestos. Para el cálculo de los indicadores de eficiencia y eficacia se determinó la cantidad de recursos disponibles y la cantidad de recursos utilizados en las áreas de trabajo, también se determinó cuál es el objetivo de producción propuesto y la producción real alcanzada.

Se utilizará como recurso disponible el tiempo total de las jornadas de trabajo para compararlo con el tiempo aprovechado por la mano de obra y la maquinaria de las tres áreas del departamento de producción. Se considera como objetivo de producción el establecido por la demanda del mercado y la producción real como la cantidad de producto producida en un período de tiempo.

#### 3.4.1. Análisis de la producción esperada

Se plantea la producción esperada como la demanda de producto por parte del mercado, para lo cual se utiliza los datos históricos de demanda de producto, con el fin de determinar el índice de eficacia. Los datos históricos de la demanda se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XXVIII. **Demanda histórica mensual de producto**

| Año  | Mes     | Demanda (m <sup>3</sup> ) |
|------|---------|---------------------------|
| 2015 | Enero   | 25,00                     |
|      | Febrero | 28,00                     |
|      | Marzo   | 27,00                     |
|      | Abril   | 25,50                     |
|      | Mayo    | 25,80                     |

Continuación tabla XXVIII.

|      |            |       |
|------|------------|-------|
| 2015 | Junio      | 26,00 |
|      | Julio      | 28,00 |
|      | Agosto     | 27,50 |
|      | Septiembre | 27,00 |
|      | Octubre    | 29,00 |
|      | Noviembre  | 29,50 |
|      | Diciembre  | 24,00 |
| 2016 | Enero      | 27,50 |
|      | Febrero    | 31,00 |
|      | Marzo      | 30,00 |
|      | Abril      | 28,00 |
|      | Mayo       | 28,40 |
|      | Junio      | 28,60 |
|      | Julio      | 31,00 |
|      | Agosto     | 30,00 |
|      | Septiembre | 30,00 |
|      | Octubre    | 32,00 |
|      | Noviembre  | 32,50 |
|      | Diciembre  | 25,00 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVIII se presentan datos mensuales de la producción esperada de los años 2015 y 2016, para fines de cálculo del índice de eficacia se utiliza un promedio entre los 24 meses de la siguiente manera:

- $$\text{Promedio de demanda} = \frac{\sum \text{Demanda}}{\text{Cantidad de meses}} = \frac{676,30 \text{ m}^3}{24 \text{ meses}} = 28,18 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Se tiene una cantidad de 28,18 metros cúbicos mensuales como promedio de demanda mensual de los años 2015 y 2016, el cual será considerado como objetivo de producción para el cálculo del índice de eficacia en la siguiente sección.

### 3.4.2. Evaluación de eficiencia y eficacia

Se calculó el índice de eficiencia y eficacia utilizando las siguientes ecuaciones.

- Índice de eficiencia =  $\frac{\text{Recursos Utilizados}}{\text{Recursos Disponibles}} * 100$  (11)

Donde:

- Recursos utilizados: tiempo utilizado por los operarios, ayudantes y máquina para desarrollar el trabajo durante un período de tiempo determinado.
- Recursos disponibles: tiempo disponible para los operarios, ayudantes y máquina para desarrollar el trabajo.

- Índice de eficacia =  $\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción esperada}} * 100$  (12)

Donde:

- Producción real: promedio de la producción realizada mensualmente durante los años 2015 y 2016.
- Producción esperada: promedio de la producción o demanda solicitada durante los años 2015 y 2016.

Para el cálculo del índice de eficiencia, se plantea este como la relación entre los recursos utilizados con los recursos disponibles de las tres áreas del Departamento de Producción, en este caso los recursos disponibles son la mano de obra y la maquinaria disponible. Para medir la eficiencia del recurso

tiempo se utilizarán las tablas XVI, XVII y XVIII, para determinar la cantidad de tiempo real utilizado por el operario, ayudantes y la maquinaria de las tres áreas del departamento. Los datos son:

**Tabla XXIX. Tiempo utilizado durante una hora de trabajo por operarios, ayudantes y maquinaria en las tres áreas de producción**

| Área        | Operador de máquina (min/h) | Ayudantes de área (min/h) | Maquinaria (min/h) |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Corte       | 57,52                       | 32,52                     | 12,77              |
| Pulido      | 57,33                       | 57,33                     | 48,33              |
| Perforación | 22,60                       | 22,60                     | 37,46              |

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el tiempo disponible de trabajo es una hora, y que los empleados y maquinaria trabajan a un ritmo constante durante toda la jornada, se tiene que el índice de eficiencia del operador en el área de corte es:

- Índice de eficiencia =  $\frac{57,52 \text{ minutos de trabajo}}{60 \text{ minutos disponibles}} * 100 = 95,87 \%$

El índice de eficiencia del operador de máquina del área de corte indica que el trabajador aprovecha el 95,87 % de su tiempo disponible en una hora de trabajo. Al determinar el índice de eficiencia de igual manera para cada operador de máquina, ayudante y maquinaria disponible, utilizando los datos de la tabla XXIX, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XXX. **Índice de eficiencia de los operadores, ayudantes y maquinaria**

| Área        | Operador de maquina (%) | Ayudantes de área (%) | Maquinaria (%) |
|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Corte       | 95,87                   | 54,19                 | 21,28          |
| Pulido      | 95,55                   | 95,55                 | 80,55          |
| Perforación | 37,67                   | 37,67                 | 62,43          |

Fuente: elaboración propia.

La evaluación muestra la eficiencia de cada recurso en cada área, el trabajo de los operarios y ayudantes es dependiente del trabajo de la máquina y viceversa, es decir, que mientras uno trabaja el otro genera tiempo muerto o tiempo de ocio dependiendo de la situación. Se debe realizar un estudio para determinar las acciones necesarias para mantener la eficiencia del tiempo en un rango del 80 % a 90 %, esto para evitar fatigas constantes y aprovechar la mayor cantidad del tiempo disponible.

Para el cálculo del índice de eficacia se utiliza el promedio de producción esperada de 28,18 metros cúbicos por mes, calculado en la sección del presente trabajo, y se plantea el promedio de producción realizada mensualmente utilizando los siguientes datos:

Tabla XXXI. **Producción mensual de producto**

| Año  | Mes     | Producción (m <sup>3</sup> ) |
|------|---------|------------------------------|
| 2015 | Enero   | 15,84                        |
|      | Febrero | 16,63                        |
|      | Marzo   | 16,91                        |
|      | Abril   | 15,73                        |
|      | Mayo    | 15,69                        |

Continuación tabla XXXI.

|      |            |       |
|------|------------|-------|
| 2015 | Junio      | 15,98 |
|      | Julio      | 17,53 |
|      | Agosto     | 16,80 |
|      | Septiembre | 17,34 |
|      | Octubre    | 17,18 |
|      | Noviembre  | 16,98 |
|      | Diciembre  | 15,77 |
| 2016 | Enero      | 15,68 |
|      | Febrero    | 17,49 |
|      | Marzo      | 16,01 |
|      | Abril      | 17,18 |
|      | Mayo       | 16,13 |
|      | Junio      | 16,81 |
|      | Julio      | 15,16 |
|      | Agosto     | 17,23 |
|      | Septiembre | 15,50 |
|      | Octubre    | 17,49 |
|      | Noviembre  | 17,59 |
|      | Diciembre  | 14,99 |

Fuente: elaboración propia.

El promedio de producción mensual de los años 2015 y 2016 es:

- $$\text{Promedio de Producción} = \frac{\sum \text{Producción}}{\text{Cantidad de meses}} = \frac{395,64 \text{ m}^3}{24 \text{ meses}} = 16,49 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

El promedio de producción es 16,49 metros cúbicos mensuales, lo cual se utiliza como dato de producción real, y así se tiene que el índice de eficacia es el siguiente:

- $$\text{Índice de eficacia} = \frac{16,49 \text{ m}^3/\text{mes}}{28,18 \text{ m}^3/\text{mes}} * 100 = 58,50 \%$$

El índice de eficacia indica que, en promedio, se produjo el 58,50 % del volumen total de la demanda solicitada a la empresa por parte del mercado, lo cual significa que en promedio no se produjo el 41,50 % del volumen solicitado por el mercado. El índice calculado hace referencia a la eficacia que poseen las tres áreas del Departamento de Producción en conjunto y está condicionado por el área más lenta, es decir, el área de perforación.

### **3.5. Evaluación de productividad**

Se plantea a la productividad como la cantidad de recursos que la máquina, operador, herramienta, etc., utilizaron durante una jornada o período de tiempo para producir cierta cantidad de trabajo. El índice de productividad relaciona todos los factores que constituyen una línea de producción e indica si los recursos utilizados están siendo desperdiciados o si se requiere de más recursos. El índice de productividad presenta valores mayores a cero, para evaluar los resultados obtenidos es importante saber que una productividad menor a 1 indica que se está utilizando mayor cantidad de recursos de los que en realidad se necesitan para alcanzar la capacidad máxima de producción, es decir, se están malgastando recursos y una productividad mayor a 1 indica que hacen falta recursos para alcanzar la capacidad máxima de producción.

#### **3.5.1. División de productividad dentro de la empresa**

El Departamento de Producción está constituido por las áreas de corte, pulido y perforación de vidrio. Se dividió la productividad de cada área en los siguientes aspectos:

- Productividad del operador de la máquina

- Productividad de los ayudantes
- Productividad de la máquina

Para el cálculo de la productividad se utilizó la evaluación de los índices de eficiencia y eficacia de la sección del presente trabajo, utilizando el tiempo como recurso para realizar cierta cantidad de trabajo. La ecuación utilizada es:

- $$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} \quad (13)$$

### **3.5.2. Análisis de productividad industrial**

Utilizando los datos de la tabla XXX y la eficacia del 58,50 %, se determina la productividad del operador de la máquina de corte obteniendo así el siguiente resultado:

- $$\text{Productividad operador de corte} = \frac{58,50\%}{95,87\%} = 0,6102$$

El valor obtenido indica que el operador de la máquina de corte es productivo en un 61,02 %, su falta de productividad se debe a que el operador posee más tiempo del que necesita para realizar su trabajo. Realizando el mismo procedimiento se determinó la productividad para el operador de máquina, los ayudantes y la máquina del área de corte, perforación y pulido, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XXXII. **Productividad de los operarios de máquina, ayudantes y maquinaria del área de corte, pulido y perforación**

| Área        | Operario | Ayudante | Maquina |
|-------------|----------|----------|---------|
| Corte       | 0,6102   | 1,0794   | 2,7857  |
| Pulido      | 0,6122   | 0,6122   | 0,7262  |
| Perforación | 1,5530   | 1,5530   | 0,9369  |

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXXII muestra la productividad de los recursos utilizados en las áreas del Departamento de Producción.

### **3.6. Resumen de factibilidad técnica**

Se realizó un estudio de factibilidad técnica dentro del Departamento de Producción de la empresa de vidrio para determinar si es necesaria la adquisición de una nueva máquina perforadora. El estudio se enfoca en los siguientes aspectos:

- Diagramas de operaciones: se plantean los diagramas de procesos, diagramas de flujo y el diagrama de recorrido para comprender el flujo de trabajo dentro del Departamento de Producción. La realización de los diagramas permitió conocer las tareas que se llevan a cabo dentro de la línea de producción y el tiempo estimado de realización de cada tarea (ver sección 3.1 del presente trabajo).
- Medición del trabajo: para la medición del trabajo se realizó un estudio de tiempos con el método de cronometraje de las tareas determinadas en los diagramas de operaciones y se calculó la capacidad de producción que posee el área de corte de vidrio, el área de pulido de filo y el área de

perforación de agujeros, que componen la línea de producción de la empresa. A continuación se presentan dos tablas que contienen los resultados obtenidos de la medición de trabajo.

**Tabla XXXIII. Tiempo utilizado durante una hora de trabajo**

| Área        | Operador (min) | Ayudante (min) | Maquina (min) |
|-------------|----------------|----------------|---------------|
| Corte       | 57,52          | 32,52          | 12,77         |
| Pulido      | 57,33          | 57,33          | 48,33         |
| Perforación | 22,60          | 22,60          | 37,46         |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXIV. Capacidad de producción por área**

| Área        | Capacidad de producción (m <sup>3</sup> /h) | Capacidad de producción (m <sup>3</sup> /mes) |
|-------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Corte       | 0,20                                        | 35,20                                         |
| Pulido      | 0,18                                        | 31,68                                         |
| Perforación | 0,10                                        | 17,60                                         |

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que la capacidad máxima de producción está definida por la capacidad de producción del área más lenta, esto quiere decir que la capacidad de producción máxima es igual a la capacidad de producción del área de perforación, lo que es igual a 17,60 metros cúbicos al mes.

- Análisis de demanda: se tabularon los datos históricos correspondientes a la demanda de productos mensuales de la empresa en los años 2015 y 2016, para luego ser comparados con los datos de la producción total realizada en los mismos meses. La comparación de datos muestra que la

empresa no cumplió con la producción del volumen mensual solicitado por el mercado, entre un rango del 34,29 % al 51,10 % del volumen total solicitado mensualmente. Los datos de la producción mensual indican que, en efecto, mensualmente se produce un volumen muy cercano al de la capacidad de producción máxima de 17,60 metros cúbicos al mes, determinado por el área de perforación. Por otra parte, el área de corte y pulido poseen una capacidad de producción de 35,20 y 31,68 metros cúbicos al mes, lo que es aproximadamente el doble de la capacidad del área de perforación, lo que indica que la línea se encuentra desbalanceada. La adquisición de una nueva maquinaria de perforación permitiría aumentar la capacidad de producción máxima.

- Evaluación de indicadores de eficiencia y eficacia: se realizó una evaluación respecto a los recursos disponibles y los recursos utilizados por los trabajadores y maquinaria del Departamento de Producción para obtener el índice de eficiencia. Los resultados obtenidos son:

Tabla XXXV. **Resultados del índice de eficiencia del departamento de producción**

| Área        | Operador de maquina (%) | Ayudantes de área (%) | Maquinaria (%) |
|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Corte       | 95,87                   | 54,19                 | 21,28          |
| Pulido      | 95,55                   | 95,55                 | 80,55          |
| Perforación | 37,67                   | 37,67                 | 62,43          |

Fuente: elaboración propia.

El índice de eficiencia muestra el porcentaje de uso del recurso tiempo por parte de operarios, ayudantes y maquinaria del departamento en estudio. Se recomienda realizar las acciones necesarias para elevar el índice de eficiencia o mantenerlo dentro de un rango de 80 % a 90 %. Mediante la comparación de la

demanda histórica mensual promedio y la producción real promedio de los años 2015 y 2016, se obtuvo el índice de eficacia del departamento. El resultado obtenido es:

$$\circ \quad \text{Índice de eficacia} = \frac{16,49 \text{ m}^3/\text{mes}}{28,18 \text{ m}^3/\text{mes}} * 100 = 58,50 \%$$

El índice de eficacia muestra que, en promedio al mes, se logra cumplir con el 58,50 % del volumen total solicitado, lo que significa que el 31,50 % del volumen mensual no será producido por falta de aprovechamiento de recursos o capacidad de producción.

- Evaluación de la productividad: se planteó la relación entre los índices de eficacia y eficiencia, para determinar la productividad de los operadores, ayudantes y maquinaria disponibles en el departamento. Los resultados obtenidos son:

Tabla XXXVI. **Resultados de la evaluación de productividad**

| Área        | Operario (%) | Ayudante (%) | Maquina (%) |
|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Corte       | 0,6102       | 1,0794       | 2,7857      |
| Pulido      | 0,6122       | 0,6122       | 0,7262      |
| Perforación | 1,5530       | 1,5530       | 0,9369      |

Fuente: elaboración propia.

Para interpretar el índice de productividad se sabe que un índice con valores mayores a 1 muestra que se están utilizando más recursos de los necesarios para cumplir con el objetivo de producción, y un índice menor a 1 muestra que hacen falta recursos para completar el objetivo de producción. Los esfuerzos del gerente de producción o encargado deben ir encaminados a tener

índices de productividad entre el rango de 85 % a 100 %. El índice de productividad más alto es el de la máquina del área de corte, con un valor del 278,57 %, esto indica que la máquina está utilizando más recursos de los necesarios para alcanzar el objetivo de producción.

## 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se plantea el estudio económico para determinar la factibilidad económica respecto a la adquisición de nueva maquinaria para el área de perforación del Departamento de Producción. Para realizar la evaluación económica se determinarán dos alternativas a evaluar y los costos que cada una conlleva, y se evaluará las alternativas para determinar cuál de las mismas le proporciona mayores utilidades a la empresa a largo plazo.

### 4.1. Determinación de alternativas

La empresa fabricante de vidrio posee una línea de producción que cuenta con las áreas de corte, pulido de filo y perforación de agujeros en vidrio. Mediante el estudio técnico (ver capítulo 3) del presente trabajo se confirmó que la empresa posee una línea de producción desbalanceada, con respecto a la capacidad de producción del área de perforación, lo que se traduce en un incumplimiento respecto al volumen total de producto solicitado por el mercado. La empresa desea adquirir una nueva máquina para el área de perforación del departamento, con el fin de balancear la línea de producción y satisfacer la demanda del mercado. Las alternativas a evaluar son:

- Alternativa 1: rendimiento del Departamento de Producción sin realizar la compra de la nueva maquinaria, considerada como alternativa de "No hacer".
- Alternativa 2: rendimiento del Departamento de Producción, realizando la compra de la nueva maquinaria.

Las alternativas propuestas son independientes, ya que cada alternativa se evaluará por separado para realizar la comparación entre las mismas. La alternativa 1 y la alternativa 2 son consideradas como alternativas de ingreso, ya que la selección de alguna de ellas conlleva costos y utilidades. Las utilidades de cada alternativa corresponden a la cantidad de producto producido para vender.

## **4.2. Investigación de costos correspondientes a cada alternativa**

Para el análisis económico de las alternativas es necesario comprender los costos que cada alternativa conlleva. Los costos principales de cada alternativa se ven definidos por la inversión inicial y sus costos de servicio u operación.

### **4.2.1. Inversión inicial**

Se plantea como inversión inicial al valor monetario que la empresa debe invertir para comenzar a ejecutar cada alternativa:

- Alternativa 1: esta alternativa representa una situación de "No hacer", lo que significa que la empresa seguirá trabajando como actualmente trabaja, por lo cual no es necesaria una inversión inicial.
- Alternativa 2: esta alternativa plantea la adquisición de un nuevo equipo de perforación para el Departamento de Producción, por lo cual la inversión inicial será igual al valor de adquisición de la maquinaria. Se propone la máquina perforadora de vidrio JFO-V2500, con una capacidad de producción de 0,10 metros cúbicos por hora, la cual posee un valor de \$22 000,00. Dentro del valor establecido de la máquina se encuentra

incluido el precio de transporte desde la fábrica hasta la empresa, así como un técnico para supervisar y colaborar con el procedimiento de montaje e instalación de la maquinaria. Las especificaciones técnicas de esta son las siguientes.

**Tabla XXXVII. Especificaciones técnicas de la maquina JFO-V2500**

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| Diámetro de perforación  | 4 - 60 mm                          |
| Tamaño máximo del vidrio | 2 500 mm                           |
| Espesor del vidrio       | 4 – 30 mm                          |
| Potencia                 | 6,5 kW                             |
| Peso                     | 2 000 kg                           |
| Dimensiones              | 7 000mm * 2 000mm * 3 600mm        |
| Capacidad de producción  | Depende de la solicitud de cliente |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.2. Costos de servicio**

Se establece los costos principales de servicio, como la mano de obra, materia prima y electricidad consumida por la maquinaria del Departamento de Producción de la empresa.

##### **4.2.2.1. Electricidad**

Se tiene en cuenta el consumo eléctrico mensual de las máquinas de corte, pulido y perforación, instaladas actualmente en el Departamento de Producción para la evaluación de la alternativa 1. Para la alternativa 2 se agrega el consumo eléctrico estimado de la nueva maquinaria al consumo eléctrico actual. Se debe considerar que el precio del kWh en Guatemala es de Q. 1,139.

- Alternativa 1: en la siguiente tabla se presenta la potencia, el tiempo de trabajo mensual aproximado y el consumo mensual de la maquinaria presente en el departamento en cuestión. El tiempo de trabajo mensual se tomó de la sección 3.4 del presente trabajo.

Tabla XXXVIII. **Consumo eléctrico mensual de la maquinaria del Departamento de Producción**

| Máquina     | Potencia (kW) | Tiempo de trabajo mensual (h) | Consumo mensual (kWh) |
|-------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| Corte       | 11            | 37,46                         | 412,05                |
| Pulido      | 13            | 141,77                        | 1 842,98              |
| Perforación | 37            | 109,88                        | 4 065,66              |
| Total       | 61            | 289,11                        | 6 320,69              |

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta el precio del kWh, se tiene que el precio del consumo eléctrico de la alternativa 1 es de:

$$\circ \quad \text{Consumo} = 6\,320,69 \text{ kWh} * Q. 1,139 / \text{kWh} = Q. 7\,209,53$$

Al consumo se le debe sumar el cargo fijo de la empresa eléctrica de Q.10,27, IVA sobre el total y contribución A.P. (sin IVA) 13,8 % de monto total, entonces el pago total es de:

$$\circ \quad \text{Consumo y cargo fijo} = Q. 7\,199,26 + Q. 10,27 = Q. 7\,209,53$$

Al consumo y cargo fijo se les debe agregar el valor del impuesto agregado de 12 %, con lo cual se tiene que el total con IVA es:

- Total con iva = Q. 7 209,53 \* 1.12 = Q. 8 074,68

Sobre el total con IVA se calcula la contribución A.P. de 13,8 % sobre el total con IVA.

- Contribución A. P. = Q. 8 074,68 \* 13,8 % = Q. 1 114,31

Al sumar el total con IVA más la contribución A.P. se tiene el total a cancelar por el consumo eléctrico.

- Total a pagar = Q. 8 074,68 + Q. 1 114,31 = Q. 9 188,98

- Alternativa 2: en la siguiente tabla se presenta la potencia, el tiempo de trabajo mensual aproximado y el consumo mensual de la maquinaria presente en el Departamento de Producción, agregando la máquina de perforación propuesta con 6kW de potencia. Utilizando los datos de la sección 3.3.2., se tiene que la empresa está dejando de producir en promedio el 42,70 % de su demanda mensual, lo que equivale a 0,07 metros cúbicos por hora, teniendo en cuenta que se trabajan 4 semanas al mes, de lunes a viernes, medio día sábado y 8 horas diarias. Esto significa que el tiempo de trabajo promedio que la máquina nueva necesita para cumplir con la demanda es de:

- Tiempo necesario =  $\frac{0,07}{0,10} = 68,36 \%$  del tiempo disponible

Esto significa que la máquina trabajará un total de:

- Tiempo =  $\left(8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} * 5,5 \frac{\text{dia}}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas}\right) * 68,36 \% = 120,31 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$

Tabla XXXIX. **Consumo eléctrico mensual de la maquinaria del Departamento de Producción más la nueva máquina**

| Máquina       | Potencia (kW) | Tiempo de trabajo mensual (h) | Consumo mensual (kWh) |
|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| Corte         | 11,00         | 37,46                         | 412,05                |
| Pulido        | 13,00         | 141,77                        | 1 842,98              |
| Perforación   | 37            | 109,88                        | 4 065,66              |
| Máquina nueva | 6,5           | 120,31                        | 782,02                |
| Total         | 67,50         | 394,24                        | 7 102,70              |

Fuente: elaboración propia.

Realizando el mismo procedimiento que se realizó en la alternativa 1, se tiene que el total a cancelar por el consumo eléctrico de la alternativa 2 es el siguiente:

- Total a pagar = Q. 10 324,25

#### **4.2.2.2. Mano de obra**

La mano de obra directa que compone el Departamento de Producción son los operadores de la maquinaria y sus ayudantes. Los operadores de las máquinas tienen como salario base el 130 % del salario mínimo (Q. 3 436,17) y los ayudantes el salario mínimo (Q. 2 643,21). El departamento se encuentra conformado por el área de corte, pulido y perforación, la cantidad de personal disponible para cada área es:

Tabla XL. **Mano de obra disponible para el Departamento de Producción**

| Área        | Operador de máquina | Ayudantes |
|-------------|---------------------|-----------|
| Corte       | 1                   | 4         |
| Pulido      | 1                   | 3         |
| Perforación | 1                   | 2         |
| Total       | 3                   | 9         |

Fuente: elaboración propia.

- Alternativa 1: para el costo de mano de obra en esta alternativa se considera la cantidad de trabajadores que posee actualmente el Departamento de Producción de la empresa, el total a pagar en quetzales es:

Tabla XLI. **Salario mensual de la mano de obra del Departamento de Producción**

| Trabajador | Sueldo mensual | Bonificación | Horas extra | Salario sin descuento | IGGS   | ISR  | Total devengado |
|------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------|--------|------|-----------------|
| Ayudantes  | 2 643,21       | 250,00       | 0,00        | 2 893,21              | 127,67 | 0,00 | 2 765,54        |
| Operadores | 3 436,17       | 250,00       | 0,00        | 3 686,17              | 165,97 | 0,00 | 3 520,20        |

Fuente: elaboración propia.

Considerando la cantidad de ayudantes y operadores, se tiene que el total a pagar a los ayudantes y operadores de máquina es de:

Tabla XLII. **Total a pagar por mano de obra en el Departamento de Producción con la alternativa 1**

| <b>Trabajador</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Total devengado</b> | <b>Total a pagar</b> |
|-------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| Ayudantes         | 9               | 2 765,54               | 24 889,87            |
| Operadores        | 3               | 3 520,20               | 10 560,61            |
| <b>Total</b>      | <b>12</b>       | <b>6 285,74</b>        | <b>35 450,48</b>     |

Fuente: elaboración propia.

Se tiene entonces que el total a pagar mensualmente por mano de obra en el Departamento de Producción es de Q. 35 450,48.

- Alternativa 2: para el costo de mano de obra en esta alternativa se considera la cantidad de trabajadores que posee actualmente el Departamento de Producción de la empresa y se agrega un operador de la nueva máquina y dos ayudantes para la misma. El total a pagar a la mano de obra es de:

Tabla XLIII. **Total a pagar por mano de obra en el Departamento de Producción con la alternativa 2**

| <b>Trabajador</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Total devengado</b> | <b>Total a pagar</b> |
|-------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| Ayudantes         | 11              | 2 765,54               | 30 420,96            |
| Operadores        | 4               | 3 520,20               | 14 080,82            |
| <b>Total</b>      | <b>15</b>       | <b>6 285,74</b>        | <b>44 501,77</b>     |

Fuente: elaboración propia.

Se tiene entonces que el total a pagar mensualmente por mano de obra en el Departamento de Producción es de Q. 44 501,77.

#### **4.2.2.3. Materiales de consumo**

La materia prima utilizada son planchas de vidrio adquiridas a precio por metro cúbico. El precio de un metro cúbico de materia prima es de Q. 8 000,00.

#### **4.3. Evaluación de alternativas**

Se plantea una evaluación de alternativas con el fin de determinar cuál de las dos alternativas posee una mayor factibilidad económica. Para propósitos de investigación, la evaluación de las alternativas utilizará una Tasa Mínima Atractiva de Retorno del 10 %, se considerará a los costos de cada alternativa como los costos de servicio y las utilidades se definen como el valor del volumen de producción estimado de cada alternativa. Se plantea un período de un año para realizar una evaluación de alternativas con vidas iguales.

##### **4.3.1. Análisis del valor presente neto**

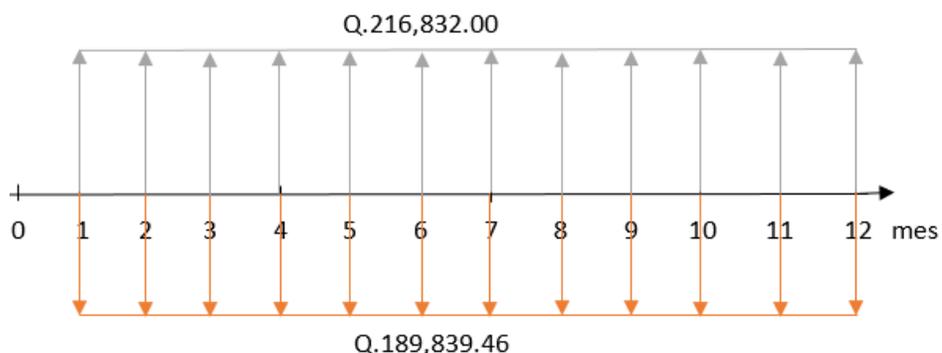
Se plantea el análisis del Valor Presente Neto para obtener el valor presente de la cantidad de ingresos y egresos futura de cada alternativa, para lo cual se determina el flujo de efectivo estimado de cada alternativa durante el ciclo de vida de un año. Se tiene como objetivo determinar cuál alternativa posee un valor presente mayor en términos numéricos.

- Alternativa 1: esta alternativa consiste en trabajar como se trabaja actualmente en el Departamento de Producción, sin realizar ningún cambio. Para realizar el análisis de VPN se tienen los siguientes datos:
  - TMAR: 10 %
  - Período de evaluación: 1 año

- Inversión inicial: Q. 0,00
- Energía eléctrica: Q. 9 188,98 al mes
- Materia prima: Q. 8 000,00 el metro cúbico
- Mano de obra: Q. 35 450,48 al mes
- Producción mensual: 17,6 metros cúbicos mensuales
- Precio de venta: Q. 12 320,00 el metro cúbico de vidrio trabajado

Teniendo en cuenta que los egresos mensuales son la materia prima, mano de obra y consumo eléctrico, se tiene un total de Q. 189 839,46 de egresos al mes. Los ingresos corresponden a la venta del producto mensual, al multiplicar la producción mensual de metros cúbicos por el valor de venta del metro cúbico se obtiene un valor de Q. 216 832,00, que corresponde a los ingresos mensuales. Suponiendo que los ingresos y egresos serán iguales durante doce meses consecutivos, el flujo de efectivo correspondiente a la alternativa 1 es:

Figura 16. **Flujo de efectivo de la alternativa 1**



Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de la alternativa 1 se utilizará la ecuación correspondiente a series uniformes:

$$\circ \quad \frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \quad (14)$$

Donde:

- P/A = valor equivalente en el presente de una serie uniforme de datos.
- i = tasa de interés utilizada o TMAR.
- n = período de tiempo de evaluación.

Utilizando la ecuación 14 se obtiene el VPN de la siguiente manera:

$$\circ \quad \text{VPN} = 216\,832,00 * \left( \frac{(1+10\%)^{12} - 1}{10\% (1+10\%)^{12}} \right) - 189\,839,46 * \left( \frac{(1+10\%)^{12} - 1}{10\% (1+10\%)^{12}} \right)$$

$$\circ \quad \text{VPN} = (216\,832,00 - 189\,839,46) * \left( \frac{(1+10\%)^{12} - 1}{10\% (1+10\%)^{12}} \right) = \text{Q. } 183\,918,85$$

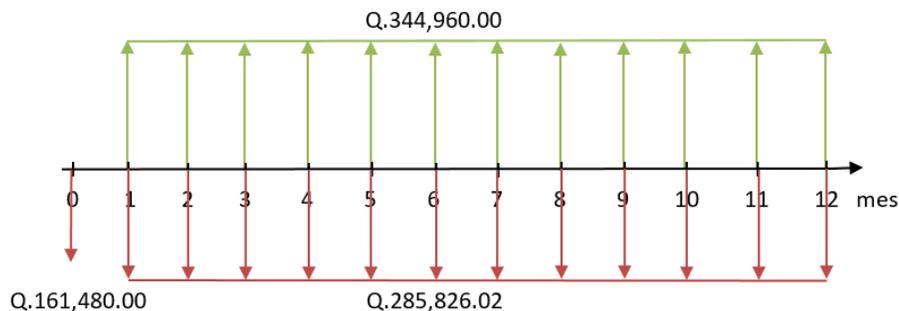
El VPN de la alternativa 1 en un período de un año y con TMAR del 10 % es igual a Q. 183 918,85.

- Alternativa 2: esta alternativa consiste en la adquisición de una nueva maquinaria de perforación para el Departamento de Producción de la empresa. Para realizar el análisis de VPN se tienen los siguientes datos:
  - TMAR: 10 %
  - Período de evaluación: 1 año
  - Inversión inicial: \$. 22 000,00 o Q. 161 480,00
  - Energía eléctrica: Q. 10 324,25 al mes
  - Materia prima: Q. 8 000,00 el metro cúbico
  - Mano de obra: Q. 44 501,77 al mes

- Producción mensual: 28 metros cúbicos
- Precio de venta: Q.12 320,00 el metro cúbico de vidrio trabajado

Teniendo en cuenta que los egresos mensuales son la materia prima, mano de obra y consumo eléctrico, se tiene un total de Q. 285 826,02 de egresos al mes. Los ingresos corresponden a la venta del producto mensual, al multiplicar la producción mensual de metros cúbicos por el valor de venta del metro cúbico se obtiene un valor de Q. 344 960,00, que corresponde a los ingresos mensuales. Suponiendo que los ingresos y egresos serán iguales durante doce meses consecutivos del período a evaluar, el flujo de efectivo correspondiente a la alternativa 2 es:

Figura 17. **Flujo de efectivo de la alternativa 2**



Fuente: elaboración propia.

Realizando la evaluación del VPN correspondiente al flujo de efectivo de la alternativa 2 de la figura 17, y utilizando la ecuación 14, se tiene lo siguiente:

- $$VPN = -161\,480,00 + (344\,960,00 - 285\,826,02) * \left( \frac{(1+10\%)^{12}-1}{10\%(1+10\%)^{12}} \right)$$
  - $VPN = Q. 241\,440,72$

El VPN de la alternativa 2 en un período de un año y con una TMAR del 10 % es igual a Q. 241 440,72.

#### **4.3.2. Análisis de rendimiento de cada alternativa**

Se plantea el análisis de rendimiento como el cálculo de la tasa de rendimiento de cada alternativa, para lo cual se utilizará la ecuación de valor presente igualando los desembolsos actuales con los ingresos estimados de un período posterior al desembolso realizado. El análisis permitirá obtener una tasa de interés con la cual los desembolsos son iguales a los ingresos y la misma servirá como indicador para determinar si la TMAR utilizada para la evaluación del VPN es la adecuada.

- Alternativa 1: esta alternativa propone una situación de "No hacer", lo que significa que se seguirá trabajando como se trabaja actualmente sin realizar ninguna inversión inicial o una inversión en el futuro. Esto implica que no es posible el cálculo de una tasa de rendimiento, ya que no existe inversión alguna sobre la cual calcularlo.
- Alternativa 2: esta alternativa propone la adquisición de una nueva maquinaria, lo que implica una inversión inicial de Q. 161 480,00. Teniendo en cuenta la diferencia de las entradas de dinero por venta de productos con los egresos por gastos de operación, se determinó la cantidad de utilidades que la empresa percibirá durante el período de evaluación. Utilizando una hoja de datos de Excel se obtuvo el valor de la tasa de rendimiento, también conocida como TIR. A continuación se presenta la hoja de Excel utilizada:

Figura 18. **Cálculo de la TIR utilizando una hoja de cálculo en Excel**

| TIR               |                   |
|-------------------|-------------------|
| ALTERNATIVA 2     |                   |
| Inversión Inicial | 161 480,00        |
| <b>Mes</b>        | <b>Utilidades</b> |
| 1                 | 59 133,98         |
| 2                 | 59 133,98         |
| 3                 | 59 133,98         |
| 4                 | 59 133,98         |
| 5                 | 59 133,98         |
| 6                 | 59 133,98         |
| 7                 | 59 133,98         |
| 8                 | 59 133,98         |
| 9                 | 59 133,98         |
| 10                | 59 133,98         |
| 11                | 59 133,98         |
| 12                | 59 133,98         |
| VPN               | Q. 241 440,72     |
| TIR               | 0,3567906         |
| VPN con TIR       | 0,00000           |

Fuente: elaboración propia.

Las funciones utilizadas para el cálculo de la TIR y VPN con un interés igual a la TIR dentro de la hoja de cálculo son:

Tabla XLIV. **Funciones utilizadas en hoja de cálculo de Excel para determinación de TIR y VPN**

|                |                                            |
|----------------|--------------------------------------------|
| Función de TIR | Función de VPN                             |
| =TIR(valores)  | =VNA(interés, valores) + inversión inicial |

Fuente: elaboración propia.

La hoja de cálculo indica que el valor de la tasa de rendimiento para el flujo de efectivo de la figura es igual a 35,67906 %.

### 4.3.3. Comparación de alternativas

Se presentan los factores más importantes que afectan la evaluación económica de la alternativa 1 y la alternativa 2 para su posterior comparación individual:

Tabla XLV. Factores que afectan la evaluación económica de las alternativas

| Factor               | Alternativa 1 | Alterativa 2                   |
|----------------------|---------------|--------------------------------|
| Inversión inicial    | N/A           | Q. 161 480,00                  |
| Retorno de inversión | N/A           | 2,73 meses                     |
| Mano de obra         | Constante     | 1 operador y 2 ayudantes extra |
| Materia prima        | Constante     | Aumentará 59,09 %              |
| Energía eléctrica    | Constante     | Aumentará 12,35 %              |
| Valor presente neto  | Q. 183 918,85 | Q. 241 440,72                  |
| TIR                  | N/A           | 35,68 %                        |

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta la comparación entre alternativas respecto a cada factor que afecta la evaluación económica de las mismas:

- Inversión inicial: la alternativa 1 no requiere una inversión inicial para funcionar, ya que es una alternativa de "No hacer", lo que significa que se sigue trabajando como se trabaja actualmente. La alternativa 2 plantea la adquisición de una nueva máquina de perforación, con un valor de Q.161 480,00, lo cual es la inversión inicial para esta alternativa.
- Retorno de inversión: la alternativa 1 no posee un retorno de inversión, ya que no existe inversión inicial. Para la alternativa 2 se tiene en cuenta las utilidades mensuales estimadas que se percibirán luego del inicio del

funcionamiento de la nueva maquinaria. Se tiene que el retorno de inversión se dará en un período de 2,73 meses para la alternativa 2. Utilizando el dato de inversión inicial y utilidades mensuales estimadas, (ver figura) se tiene que el cálculo del tiempo de retorno de inversión de la alternativa 2 es:

$$\circ \quad \text{Tiempo de Retorno} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Utilidades mensuales}} = \frac{\text{Q. } 161\,480,00}{\text{Q. } 59\,133,98 / \text{mes}} = 2,73 \text{ meses}$$

- Mano de obra: para la alternativa 1, la mano de obra necesaria se mantiene constante con nueve ayudantes y tres operadores de máquina. Para la alternativa 2 existe un incremento del costo de mano de obra, ya que la nueva maquinaria requerirá de un operador de máquina y dos ayudantes nuevos.
- Materia prima: para la alternativa 1 el costo mensual de la materia prima se mantiene constante con respecto a costos históricos, ya que se seguirá consumiendo la misma cantidad de metros cúbicos en promedio mensual. Para la alternativa 2 el costo de materia prima incrementará debido a que la nueva maquinaria consumirá aproximadamente el 59,09 % extra del material que se consume actualmente.
- Energía eléctrica: para la alternativa 1 el consumo eléctrico se mantiene constante con respecto a consumos históricos de energía eléctrica, ya que se seguirá consumiendo una cantidad de kW promedio mensual. Para la alternativa 2 el costo de energía eléctrica incrementará un 12,35 % a causa del consumo eléctrico generado por la nueva maquinaria.

- Valor presente neto: considerando la inversión inicial con los ingresos y egresos estimados del Departamento de Producción durante un período de doce meses, y con una TMAR del 10 %, se tiene que el VPN para la alternativa 1 es de Q. 183 918,85 y para la alternativa 2 es de Q. 241 440,72.
- TIR: para la alternativa 1 no existe TIR, ya que por su naturaleza no posee inversión alguna sobre la cual se calcule una tasa de rendimiento. Para la alternativa 2 se tiene una TIR del 35,68 %.

Al comparar la alternativa 1 con la alternativa 2 se tiene que la alternativa 1 no presenta incremento en costos de mano de obra, materia prima o consumo eléctrico, como tampoco requiere de inversión de capital para su funcionamiento. Por otra parte, la alternativa 2 presenta un incremento en todos los gastos de operación del departamento y una inversión inicial para ejecutarse, pero su ejecución significa un incremento en las utilidades, ya que esta alternativa es capaz de producir la cantidad de productos que la alternativa 1 ha dejado de producir por falta de capacidad de producción.

#### **4.4. Resumen de factibilidad económica**

Se realizó un estudio de factibilidad económica dentro del Departamento de Producción de la empresa para determinar si es necesaria la adquisición de una nueva máquina perforadora de vidrio. El estudio se enfoca en los siguientes aspectos:

- Definición de alternativas: se definieron dos alternativas para investigar y comparar desde el punto de vista económico. La primera alternativa hace referencia a no adquirir la nueva máquina y seguir trabajando como

actualmente se trabaja en el departamento. La segunda alternativa plantea la adquisición de nueva maquinaria perforadora de vidrio.

- Costo económico de cada alternativa: por su naturaleza la alternativa 1 no presenta ningún incremento en sus costos de operación, por otra parte, la alternativa 2 presenta un incremento en los costos de mano de obra, materia prima y consumo eléctrico, así como una inversión inicial para su ejecución.
- Evaluación de alternativas: al realizar la evaluación económica de VPN utilizando una TMAR del 10 % y un período de evaluación de 12 meses, se determinó que la alternativa 2 posee un valor de VPN mayor al de la alternativa 1, pero a pesar que la alternativa 2 posee costos de operación más elevados, es económicamente más viable que la alternativa 1, desde el punto de vista de evaluación de VPN. Por otra parte, se determinó que la tasa de rendimiento para la alternativa 2 es de 35,68 %, lo que significa que posee un valor mayor a la TMAR de 10 %, esto indica que es una alternativa económicamente viable. La evaluación de la tasa de rendimiento no se realizó para la alternativa 1 porque esta alternativa no requiere de ninguna inversión para operar, por lo cual no hay inversión sobre la cual calcular rendimiento.
- Comparación de alternativas: en la comparación de alternativas se listaron algunos de los factores que afectan la evaluación económica de forma significativa y se los comparó individualmente. Se determinó que la alternativa 2 posee mayores costos de operación y una inversión inicial, sin embargo, presenta un retorno de inversión corto y un incremento en los ingresos de la empresa, lo que hace a la alternativa 2

económicamente factible. A continuación se presenta una lista de los factores que afectan a cada alternativa:

**Tabla XLVI. Resumen de factores de factibilidad económica**

| <b>Factor</b>         | <b>Alternativa 1</b> | <b>Alterativa 2</b>            |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Inversión inicial     | N/A                  | Q. 161 480,00                  |
| Mano de obra          | Constante            | 1 operador y 2 ayudantes extra |
| Materia prima         | Constante            | Aumentará 59,09 %              |
| Energía eléctrica     | Constante            | Aumentará 12,35 %              |
| Ingresos mensuales    | Q. 216 832,00        | Q. 344 960,00                  |
| Egresos mensuales     | Q. 189 839,00        | Q. 285 826,02                  |
| Período de evaluación | 12 meses             | 12 meses                       |
| TMAR                  | 10 %                 | 10 %                           |
| VPN                   | Q. 183 918,85        | Q. 241 440,72                  |
| TIR                   | N/A                  | 35,68 %                        |
| Retorno de inversión  | N/A                  | 2,73 meses                     |

Fuente: elaboración propia.



## 5. DISEÑO DE PLAN DE MONTAJE E INSTALACIÓN

Se diseñó el plan de montaje e instalación en caso de que la empresa decida adquirir la maquinaria perforadora de vidrio propuesta para el Departamento de Producción.

### 5.1. Planificación de montaje

Se propone un plan de montaje para determinar las características que debe poseer el área en donde será ubicada la máquina, así como el equipo y procedimiento necesarios para trasladar la máquina por el Departamento de Producción de la empresa y ubicarla en una posición determinada. Las especificaciones técnicas de la máquina son las siguientes:

Tabla XLVII. **Especificaciones técnicas de la máquina perforadora de vidrio con control PLC (JFO-V2500)**

| <b>Característica</b>    | <b>Valor</b>                       |
|--------------------------|------------------------------------|
| Diámetro de perforación  | 4 - 60 mm                          |
| Tamaño máximo del vidrio | 2 500 mm * 2 500 mm                |
| Espesor del vidrio       | 4 – 30 mm                          |
| Potencia                 | 6,5 kW                             |
| Peso                     | 2 000 kg                           |
| Dimensiones              | 7 000 mm * 2 000 mm * 3 600 mm     |
| Capacidad de producción  | Depende de la solicitud de cliente |

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Determinación de área a utilizar

Teniendo en cuenta la especificación técnica respecto a las dimensiones de la máquina JFO-V2500, detallada en la tabla XLVII, se tiene que la máquina requiere de un área mínima de:

- Área de la maquina =  $\frac{(7\,000\text{ mm} * 2\,000\text{ mm})}{\left(\frac{1\,000\text{ mm}}{1\text{ m}}\right)^2} = 14\text{ m}^2$

El área de 14m<sup>2</sup> representa el espacio que necesita la máquina para trabajar, teniendo en cuenta las dimensiones máximas de la máquina armada. El área sobre la cual se distribuirá el peso de la máquina está determinada por los dos ejes sobre los cuales avanza el vidrio y por la base sobre la cual está montado el taladro PLC; tanto el eje como el taladro se encuentran montados sobre 20 soportes de 5 centímetros de radio cada uno.

Figura 19. Área de distribución de peso de la máquina



Fuente: elaboración propia, utilizando Autodesk AutoCAD 2017.

El área en donde se distribuirá el peso de la maquinaria es:

- Área de distribución =  $0,5\text{m} * 7\text{m} + (2\text{m} - 0,5\text{m}) * 0,7\text{m} = 4,55\text{m}^2$

### 5.1.2. Evaluación de cimentación

La correcta cimentación de un espacio industrial garantiza el buen funcionamiento de la obra estructural, eléctrica y mecánica. Se plantea la evaluación de cimentación necesaria para montar la maquinaria de perforación y que la misma tenga un funcionamiento adecuado y vida útil prolongada.

Para definir la cimentación adecuada de la maquinaria, es necesario considerar tres factores fundamentales: el tipo de suelo sobre el cual se trabaja, el peso que posee el equipo y las cargas producidas por el funcionamiento de la maquinaria. Para el diseño de la mezcla del cemento se utiliza el método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería de la USAC, el cual indica que la resistencia, durabilidad y facilidad de trabajo del concreto están directamente relacionadas con la cantidad de agua, cemento y agregados finos o gruesos utilizados.

- Tipo de suelo

Dependiendo de la composición del suelo, se tiene una carga permisible que el mismo puede soportar, para lo cual se debe realizar un estudio del suelo sobre el cual se encuentra ubicada la empresa.

Tabla XLVIII. **Carga permisible y coeficiente de compresión dependiendo del tipo de suelo**

| Categoría de suelo | Grupo de suelo                                                                                                                                                   | Carga permisible (kg/cm <sup>2</sup> ) | Coeficiente de compresión elástica uniforme (kg/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| I                  | Suelos poco resistentes (arcillas fangosas con arena en estado plástico); barro y arena fangosa. También suelos de categoría II y III con capa orgánica y turba. | 0 - 1,5                                | 0 - 3,0                                                           |

Continuación tabla XLVIII.

|     |                                                                                                                              |             |              |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| II  | Suelos de resistencia media (arcillas y arcillas fangosas cerca del límite plástico, arenas).                                | 1,5 – 3,5   | 3,0 - 5,0    |
| III | Suelos fuertes (arcillas y arcillas fangosas con arena de consistencia dura; grava y arena gravosa; marga y suelos margosos) | 3,5 – 5,0   | 5,0 – 10,0   |
| IV  | Roca                                                                                                                         | Mayor a 5,0 | Mayor a 10,0 |

Fuente: CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. p. 31.

Con base en el análisis del suelo en donde se encuentra ubicada la empresa, realizado con anterioridad por el ingeniero Salomón Samayoa, el tipo de suelo sobre el cual está ubicada la empresa está constituido por arcilla con arena de consistencia dura y limo. Teniendo en cuenta la constitución del suelo y la tabla XLVIII se tiene que el suelo pertenece a la categoría III de suelo, por lo cual se tiene una carga permisible de 3,5 – 5,0 kg/cm<sup>2</sup>.

- Determinación de cargas producidas por la maquinaria

Para objeto de estudio, se considera que las cargas principales que afectarán al cimiento son de tipo estáticas, las cuales son el peso de la máquina y el peso de la materia prima que entrará al sistema.

- Masa de la máquina: 2 000 kg
- Capacidad de la máquina: 468,75 kg

La determinación de las cargas estáticas permite conocer el esfuerzo que se generará en el cimiento debido al funcionamiento de la máquina:

$$\blacksquare \quad \text{Esfuerzo} = \frac{(2\,000 + 468,75) \text{ kg}}{4,55 \text{ m}^2} = 542,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Cimiento necesario

Para el diseño de la mezcla necesaria se utilizarán las tablas propuestas por el Centro de Investigación de Ingeniería. Para efecto de cálculo se utilizó un peso unitario del concreto igual a 2,400 kg/m<sup>3</sup> y la relación de 1 mililitro es igual a 1 gramo. Dependiendo de la estructura a instalar, la medida del asentamiento se define con la siguiente tabla:

Tabla XLIX. **Asentamiento para diseño de mezclas**

| Estructura                                                        | Asentamiento (cm) |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Cimientos, muros reforzados, vigas, paredes reforzadas y columnas | 10                |
| Pavimentos y losas                                                | 8                 |
| Concreto masivo                                                   | 5                 |

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Para una estructura de tipo losa o cimiento, se tiene una medida recomendada de asentamiento entre los valores de 8 a 10 cm. Se recomienda utilizar un concreto de 3 500 PSI (246 kg/cm<sup>2</sup>) con un espesor total de 15 cm.

Teniendo en cuenta el tipo de estructura y la medida del asentamiento, se procede a determinar la cantidad de agua por cada metro cúbico.

Tabla L. **Cantidad de agua para asentamiento**

| Asentamiento en cm | Cantidad de agua litro/metro cúbico |       |       |     |         |
|--------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----|---------|
|                    | 3/8 "                               | 1/2 " | 3/4 " | 1"  | 1 1/2 " |
| 3 – 5              | 205                                 | 200   | 185   | 180 | 175     |
| 8 – 10             | 225                                 | 215   | 200   | 195 | 180     |
| 15 - 18            | 240                                 | 230   | 210   | 205 | 200     |

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Para un asentamiento de entre 8 a 10 cm, se propone utilizar un agregado de 3/4" con una cantidad de 200 litros de agua por metro cúbico. La resistencia del cemento se encuentra directamente relacionada con la proporción de agua y cemento que posea la mezcla a utilizar; entre más agua posea la mezcla, menor será su resistencia.

Tabla LI. **Resistencia del concreto versus relación de agua/cemento**

| Resistencia en kg/cm <sup>2</sup> | Relación agua/cemento |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 352                               | 0,47                  |
| 316                               | 0,50                  |
| 281                               | 0,54                  |
| 246                               | 0,57                  |
| 210                               | 0,60                  |
| 176                               | 0,64                  |

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Con base en la resistencia del cemento propuesto, se recomienda utilizar una relación de agua/cemento de 0,57, lo que significa que la cantidad de cemento a utilizar ser la siguiente:

$$\circ \quad \frac{200 \frac{\text{kg de agua}}{\text{m}^3}}{0,57} = 351 \frac{\text{kg de cemento}}{\text{m}^3}$$

El porcentaje de arena o agregado fino sobre el agregado total se determina con base en el tamaño máximo que posee el agregado grueso.

Tabla LII. **Porcentaje de agregado fino**

| Tamaño máximo del agregado grueso | Porcentaje de arena sobre agregado Total |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| 3/8"                              | 48                                       |
| 1/2"                              | 46                                       |
| 3/4"                              | 44                                       |
| 1"                                | 42                                       |
| 1 1/2"                            | 40                                       |

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Como se propuso un agregado de 3/4", se tiene que el porcentaje de arena a utilizar en la mezcla es de 44 % sobre el agregado total. La cantidad de agregado a utilizar se obtiene de la diferencia entre el peso unitario del cemento y la cantidad de agua con cemento a utilizar. La cantidad de agregado por metro cúbico es:

$$\circ \quad 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 351 \frac{\text{kg de cemento}}{\text{m}^3} - 200 \frac{\text{kg de agua}}{\text{m}^3} = 1\,849 \frac{\text{kg de agregados}}{\text{m}^3}$$

De la cantidad de agregado por metro cúbico a utilizar se tiene que el 44 % es de agregado fino o arena y el resto de agregado grueso o piedrín.

$$\circ \quad \text{Agregado fino} = 1\,849 \frac{\text{kg de agregados}}{\text{m}^3} * 44 \% = 814 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Y la cantidad de agregado grueso será la diferencia de la cantidad del agregado total con el agregado fino a utilizar:

$$\circ \quad \text{Agregado grueso} = 1\,849 \frac{\text{kg de agregados}}{\text{m}^3} - 814 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,036 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A continuación se presenta un resumen de la mezcla recomendada a utilizar para el cimiento:

**Tabla LIII. Resumen de cimiento propuesto**

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Peso unitario del cemento | 2 400 kg/m <sup>3</sup> |
| Espesor del cimiento      | 15 cm                   |
| Agua                      | 200 kg                  |
| Cemento                   | 351 kg                  |
| Arena                     | 814 kg                  |
| Piedrín                   | 1 036 kg                |

Fuente: elaboración propia.

La proporción recomendada para la mezcla es de una parte de cemento, 2,32 partes de área, 2,95 partes de piedrín y 0,57 partes de agua.

### **5.1.3. Determinación de equipo a utilizar**

El equipo necesario para realizar el montaje de maquinaria industrial en una ubicación determinada depende del peso total de la máquina. Con un peso total de 2 000kg se recomienda el uso de los siguientes equipos:

- Grúa hidráulica: se recomienda el uso de una grúa hidráulica para desempacar la maquinaria de su contenedor y colocarla en una posición

adecuada y accesible en el área de descarga para el traslado de la misma a su ubicación determinada.

- Montacargas: el uso del montacargas permitirá redistribuir equipos y máquinas que se encuentren en el trayecto que se utilizará para trasladar la nueva máquina por la planta, desde el área de descarga hasta su ubicación determinada.

En la ciudad de Guatemala existen distintas empresas que prestan el servicio de alquiler de montacargas y grúas, así como la asesoría para llevar a cabo un montaje eficaz. Algunas de estas empresas son Montacargas y Servicios Pineta, ubicada en 19 avenida 12-91, zona 1 de Guatemala. Otra empresa que se dedica al alquiler y asesoría respecto a estos equipos es Alquiler de Maquinaria, Equipos y Fabricación de Estructuras Metálicas en General (ALQUIMESA).

#### **5.1.4. Procedimiento de montaje**

Se plantea el procedimiento para realizar el montaje de la nueva maquinaria perforadora de vidrio, el cual consiste en adecuar el área por la cual se transportará la maquinaria a la ubicación determinada, desempacar la maquinaria de su contenedor y trasladar la máquina desde su punto de desempaque hasta su ubicación de trabajo.

- Redistribución de maquinaria y equipo: se propone ubicar la maquinaria en un espacio cercano al área de perforación de vidrio, para mantener la linealidad actual del proceso, esto significa que la empresa deberá tomar las medidas necesarias para redistribuir la maquinaria y equipo que obstaculicen las áreas por las cuales se trasladará la maquinaria y el

espacio físico que ocupará la máquina nueva de perforación en su ubicación determinada.

- Recepción y verificación de integridad de la maquinaria: al momento de adquirir y recibir la maquinaria se debe verificar la integridad física de la misma, antes de proceder a manipularla con fines de garantizar que se encuentre en buen estado.
- Desempaque de la máquina en área de descarga: se procede a desempacar la maquinaria de su contenedor, utilizando una grúa hidráulica para extraerla y ubicarla en una posición adecuada y accesible para que el montacargas pueda manipularla de forma adecuada. Se recomienda documentar el proceso con algún medio electrónico con el fin de obtener pruebas del procedimiento de desempaque de la máquina, en caso de que surja algún reclamo hacia el proveedor por temas de integridad de la misma.
- Traslado de la máquina a su ubicación: se utilizará el montacargas alquilado para transportar la maquinaria desde el punto de descarga hasta su ubicación en el área de perforación, para ello se deben determinar los puntos en los cuales se levantará la maquinaria sin dañarla. Se recomienda utilizar la grúa hidráulica y el montacargas para colocar la máquina en su posición de funcionamiento, ya que por su peso es difícil de maniobrar o cambiar su posición utilizando únicamente el montacargas. Es necesario documentar el proceso para obtener pruebas del adecuado manejo y transporte de la maquinaria.

- Centrado y ubicación: la máquina ocupará un espacio en específico, ya que fue transportada a su área de trabajo, se procede a centrarla y ubicarla de la forma más exacta posible, utilizando marcas en el suelo.

## **5.2. Plan de instalación**

Se propone el plan de instalación para la nueva maquinaria perforadora de vidrio, con el fin de proponer el equipo y procedimiento necesarios para realizar una adecuada instalación y garantizar el buen funcionamiento de la máquina.

### **5.2.1. Determinación de equipo necesario para la instalación**

Se plantea el equipo básico que se puede llegar a necesitar para armar la máquina y conectarla a los servicios básicos que necesite:

- Montacargas: se utilizará el mismo que se utilizó para realizar el proceso del montaje. Será mover las piezas más pesadas de la máquina.
- Medidor de nivel: toda máquina se encuentra diseñada para trabajar en determinadas condiciones de nivel, permitiendo un pequeño margen de pendiente, el medidor de nivel servirá para ajustar los soportes de la máquina y que la misma quede nivelada en caso de que la cimentación no lo esté.
- Escalera industrial: la empresa utiliza un sistema de distribución de servicios por tuberías acopladas a la pared y a una altura determinada. La escalera industrial permitirá el fácil acceso a las tuberías con fines de realizar las conexiones necesarias.

- Tuberías: como ya se mencionó, la empresa cuenta con un sistema de distribución de servicios de aire comprimido y agua para el funcionamiento de la maquinaria. Se recomienda utilizar el mismo tipo de tuberías que posee actualmente la empresa para realizar las derivaciones correspondientes para la nueva maquinaria.
  - Distribución de aire comprimido: tubería de hierro galvanizado de 2 pulgadas para distribución de aire comprimido por toda la planta, y de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para realizar las derivaciones correspondientes a cada equipo.
  - Agua: se deriva del Manifold una tubería PVC de 2 pulgadas y de resistencia a alta presión para realizar la distribución y conexiones a la maquinaria.

### **5.2.2. Procedimiento de instalación**

Se propone el procedimiento de instalación para la nueva maquinaria de perforación de forma adecuada y así garantizar su buen funcionamiento e integridad de los instaladores. El precio de adquisición de la máquina incluye el servicio de un técnico especializado que llegará a la empresa para asesorar respecto a este proceso.

- Armado de la máquina: toda maquinaria posee un manual en el cual se detallan los pasos para armar la máquina de forma adecuada, se debe utilizar el manual de armado en conjunto con las instrucciones del técnico puesto a disposición por parte del proveedor. Se recomienda realizar el armado durante horarios no laborales de la empresa, ya que el calor y ruido generado por la actividad normal de trabajo pueden generar fatiga y

problemas de comunicación entre los instaladores, así como accidentes o pérdida de piezas y herramientas.

- **Conexión a servicios básicos:** cuando la máquina se encuentre armada se procederá a realizar la conexión de los servicios eléctricos, de aire comprimido y líquidos, para lo cual es necesario desactivar los equipos encargados de suministrar estos servicios dentro de la planta, con el fin de realizar las extensiones respectivas dentro de los sistemas de distribución de servicios que existen actualmente. Una vez realizadas las extensiones se procede a conectar la máquina a los servicios industriales. Se recomienda realizar un estudio respecto a la capacidad de suministro que posee la bomba de agua y el compresor de aire, para determinar si poseen la capacidad de satisfacer la demanda de todos los equipos funcionando en conjunto.
- **Activación de servicios:** cuando ya se realizaron las conexiones de servicios a la máquina se procede a reactivar los equipos que distribuyen los servicios por toda la planta industrial. Se recomienda verificar conexiones para determinar su buen funcionamiento o presencia de fugas.
- **Ajustes al control de la máquina:** al tener la máquina armada y conectada a los servicios industriales que requiere para funcionar, el técnico enviado por el proveedor será el encargado de realizar las pruebas necesarias para ajustar el control PLC de la máquina y garantizar su buen funcionamiento. Se recomienda involucrar al futuro operador y ayudantes con el fin de capacitarlos respecto al funcionamiento, normas y especificaciones de la máquina.



## **6. DISEÑO DE PLAN DE CONSERVACIÓN**

Se plantea el plan de conservación para la maquinaria de perforación propuesta para garantizar el adecuado uso de recursos, para obtener la mayor calidad del servicio que presta y asegurar su vida útil de trabajo, por medio de la definición de actividades de mantenimiento preventivo, índice de clasificación de gastos de mantenimiento y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

### **6.1. Definición de actividades de mantenimiento preventivo**

Al momento de adquirir maquinaria industrial el proveedor es el encargado de proporcionar el manual de usuario respecto al uso, funcionamiento, mantenimiento y recomendaciones de la maquinaria adquirida. Por lo general las actividades de mantenimiento se ven previamente definidas por el fabricante de la maquinaria, por lo cual es importante seguir las instrucciones indicadas por el proveedor. El encargado de mantenimiento será el responsable de listar todas las actividades de mantenimiento, determinar los repuestos necesarios a utilizar, llevar el control del inventario de repuestos, capacitar a los técnicos encargados y llevar un registro de mantenimientos realizados.

En caso de que el proveedor no proporcione el manual en donde se detallan actividades de mantenimiento específicas o actividades muy generales, se recomienda seguir el siguiente procedimiento para determinar actividades de mantenimiento:

- Reconocimiento de la máquina: se debe analizar el funcionamiento de la maquinaria y determinar cada una de las piezas mecánicas y eléctricas que componen la misma.
- Clasificación de piezas: se debe clasificar cada una de las piezas de la máquina de acuerdo con su funcionamiento, se recomienda clasificarlas en piezas de trabajo y piezas comunes, las piezas de trabajo son todas aquellas que se encuentran relacionadas directamente con el proceso de maquinado de materia prima (bandas transportadoras, moldes, herramientas de trabajo, etc.) y las piezas comunes son las que no se encuentran relacionadas directamente con el manejo de la materia prima (soportes de la máquina, equipo eléctrico, equipo de medición, etc.).
- Determinar actividades de mantenimiento: se procede a determinar las actividades correspondientes a cada pieza determinada. Por ejemplo, por ser una máquina PLC de perforación se supone que las herramientas estarán en constante movimiento dentro del carro de herramientas, lo que significa que existirá un contacto dinámico entre piezas mecánicas, por lo cual debe existir un proceso de lubricación entre piezas para evitar el desgaste.
- Determinar insumos: al determinar las actividades de mantenimiento se determinarán naturalmente los insumos y herramientas necesarios para poder llevar a cabo cada una de las actividades de mantenimiento. En caso de tener duda respecto a qué insumo utilizar en una actividad de mantenimiento, se recomienda consultar con expertos o con el proveedor de la maquinaria.

- Clasificación de mantenimiento: se procede a clasificar las actividades de mantenimiento como mantenimiento menor o mayor, para determinar los períodos de tiempo prudentes dentro de los cuales se realizará cada actividad de mantenimiento, por ejemplo, se puede clasificar la actividad de limpieza dentro del mantenimiento menor que se debe realizar a la máquina cada 100 horas de uso, o se puede clasificar la actividad de lubricación del carro de herramientas como mantenimiento mayor, que se debe realizar a la máquina cada 1 000 horas de uso.

## 6.2. Cálculo del índice ICGM

Se plantea el cálculo del índice de clasificación para los gastos de mantenimiento (ICGM) de la máquina de perforación propuesta y los equipos que componen la línea de producción actual. Utilizando las tablas VIII y IX se determina el código de la máquina y de sus actividades de mantenimiento:

Tabla LIV. Descripción de equipos de la línea de producción

| Equipo                        | Descripción                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Máquina de corte de vidrio    | Recurso importante que pertenece a línea de producción. Su detención representa una disminución considerablemente alta en el ritmo de producción, ya que no existen equipos de reemplazo. |
| Máquina de pulido de vidrio   | Recurso que pertenece a línea de producción. Su detención representa una disminución directa en el ritmo de producción, sin embargo existen equipos de reemplazo.                         |
| Máquina perforadora de vidrio | Recurso importante que pertenece a línea de producción. Su detención representa una disminución considerablemente alta en el ritmo de producción, ya que no existen equipos de reemplazo. |

Continuación tabla LIV.

|                                         |                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Máquina perforadora de vidrio propuesta | Recurso que pertenece a línea de producción. Su detención representa una disminución directa en el ritmo de producción, sin embargo existen equipos de reemplazo. |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: elaboración propia.

El encargado de mantenimiento debe realizar una tabla similar a la tabla LIV para realizar la descripción de las tareas de mantenimiento determinadas, esto con el fin de utilizar las tablas VIII y IX para obtener el código de máquina y el código de trabajo correspondientes a cada máquina y trabajo de mantenimiento. Luego se procede a calcular el índice de clasificación de gastos de mantenimiento con la ecuación 8.

Se recomienda realizar este procedimiento para cada máquina y actividad de mantenimiento a realizar, con el fin de obtener el ICGM y poder determinar la importancia de cada actividad de mantenimiento. Es importante recordar que la tarea que posea el ICGM más alto tiene mayor importancia y debe realizarse primero.

### **6.3. Determinación de plan de mantenimiento**

Se plantea el plan de mantenimiento preventivo, correspondiente a la maquinaria de perforación propuesta, con base en las actividades de mantenimiento definidas para determinar el programa de control utilizando los registros de mantenimiento. Se determinaron los costos en los que se puede incurrir tras aplicar el plan de mantenimiento propuesto.

### **6.3.1. Registros de mantenimiento**

Los registros de mantenimiento permiten llevar el control respecto a las actividades de mantenimiento realizadas por el técnico encargado en determinada fecha, para lo cual se propone un formato de registro de mantenimiento dividido en las áreas de información general, actividades de mantenimiento con repuestos utilizados y firma de encargados.

- Información general: área dedicada al registro de información esencial como el nombre del técnico encargado, nombre de la máquina a la cual se realizará el mantenimiento, fecha de inicio, tipo de mantenimiento y hora de inicio.
- Actividades de mantenimiento: área en donde se listan las piezas a analizar con respecto a las actividades de mantenimiento previamente definidas, en la siguiente columna se marca si se realizó o si no se realizó la actividad de mantenimiento respectiva, además posee un área para anotar observaciones anormales y otra para anotar los repuestos utilizados durante el mantenimiento. Se recomienda escribir las tareas dependiendo de su ICGM, colocando las tareas de mayor importancia en la parte superior y las de menor importancia en la parte inferior.
- Firma de encargados: área para anotar la firma del técnico encargado y la firma de aprobación del supervisor de mantenimiento.
- Por último, se anota la fecha y hora de finalización de las actividades de mantenimiento.



por el fabricante o por el encargado de mantenimiento. Se recomienda realizar inspecciones rutinarias e ir documentando el estado de las piezas con el fin de ir ampliando el formato de registros respecto a las piezas a las cuales se realiza mantenimiento, o para agregar actividades de mantenimiento no previstas en un inicio.

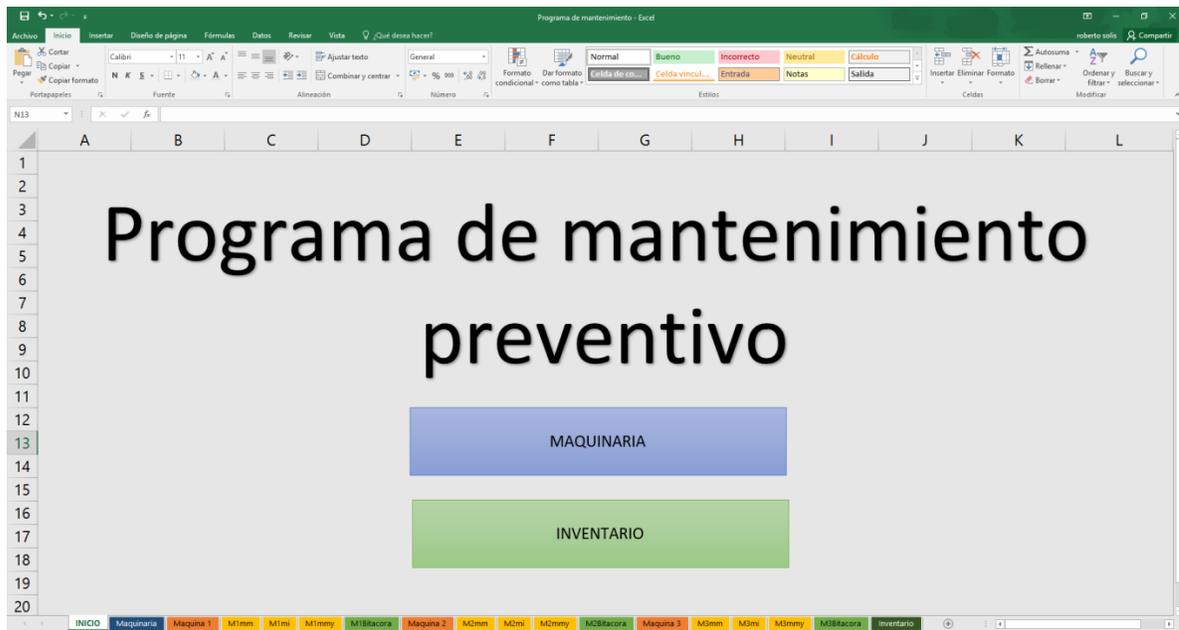
### **6.3.2. Programa de control para el mantenimiento preventivo**

Se desarrolló un formato para el programa de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta electrónica Microsoft Excel 2016, con el fin de tener un medio para llevar el control de los mantenimientos realizados, para lo cual se utilizó el registro de mantenimiento propuesto y se dividieron los tipos de mantenimiento a realizar como mantenimiento menor, intermedio y mayor.

El programa de mantenimiento preventivo propuesto permite conocer las horas restantes para realizar un mantenimiento menor, intermedio o mayor, para cualquier cantidad de máquinas disponibles, para lo cual se propone realizar un mantenimiento menor cada 500 horas, un mantenimiento intermedio cada 1 000 horas y un mantenimiento mayor cada 2 000 horas de uso. Se utilizaron figuras predeterminadas a las cuales se les asignó un hipervínculo que permite al usuario acceder de forma rápida a las distintas estructuras del programa, a estas figuras predeterminadas con hipervínculos se les llamó botones. Para el desarrollo del programa se utilizó la siguiente estructura:

- Hoja de inicio: página de inicio que permite al usuario acceder a la hoja de maquinaria o a la hoja de inventario de insumos y repuestos por medio de dos botones.

Figura 21. Hoja de inicio del programa propuesto



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

- Hoja de maquinaria: página en la cual se puede llevar el control de las horas restantes para realizar los distintos tipos de mantenimiento a los equipos y maquinaria que se desee. En la columna de maquinaria se lista el nombre de todos los equipos sobre los cuales se desee llevar un control de horas restantes para el mantenimiento y se asigna un botón para dirigir al usuario a la página de control del equipo que desee. La columna de horas trabajadas permite al usuario conocer el total de horas que ha trabajado el equipo o maquinaria. La columna de tipo de mantenimiento proporciona información al usuario respecto a las horas que han transcurrido desde que se realizó el último mantenimiento. Mediante la asignación de un Formato Condicional a las celdas que componen la columna de Tipo de Mantenimiento se obtiene una variación de color entre verde, amarillo y rojo, lo que permite identificar

rápidamente el tipo de mantenimiento que hace falta realizar a cada máquina. Para la realización del Formato Condicional se utiliza la cantidad de horas diarias trabajadas desde la última fecha en la que se realizó el mantenimiento.

**Tabla LV. Condiciones para el formato condicional de la columna tipo de mantenimiento en la hoja de maquinaria del programa de mantenimiento propuesto**

| Color    | Mantenimiento menor (h) | Mantenimiento intermedio (h) | Mantenimiento mayor (h) |
|----------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Verde    | 0                       | 0                            | 0                       |
| Amarillo | 250                     | 500                          | 1 000                   |
| Rojo     | 500                     | 1 000                        | 2 000                   |

Fuente: elaboración propia.

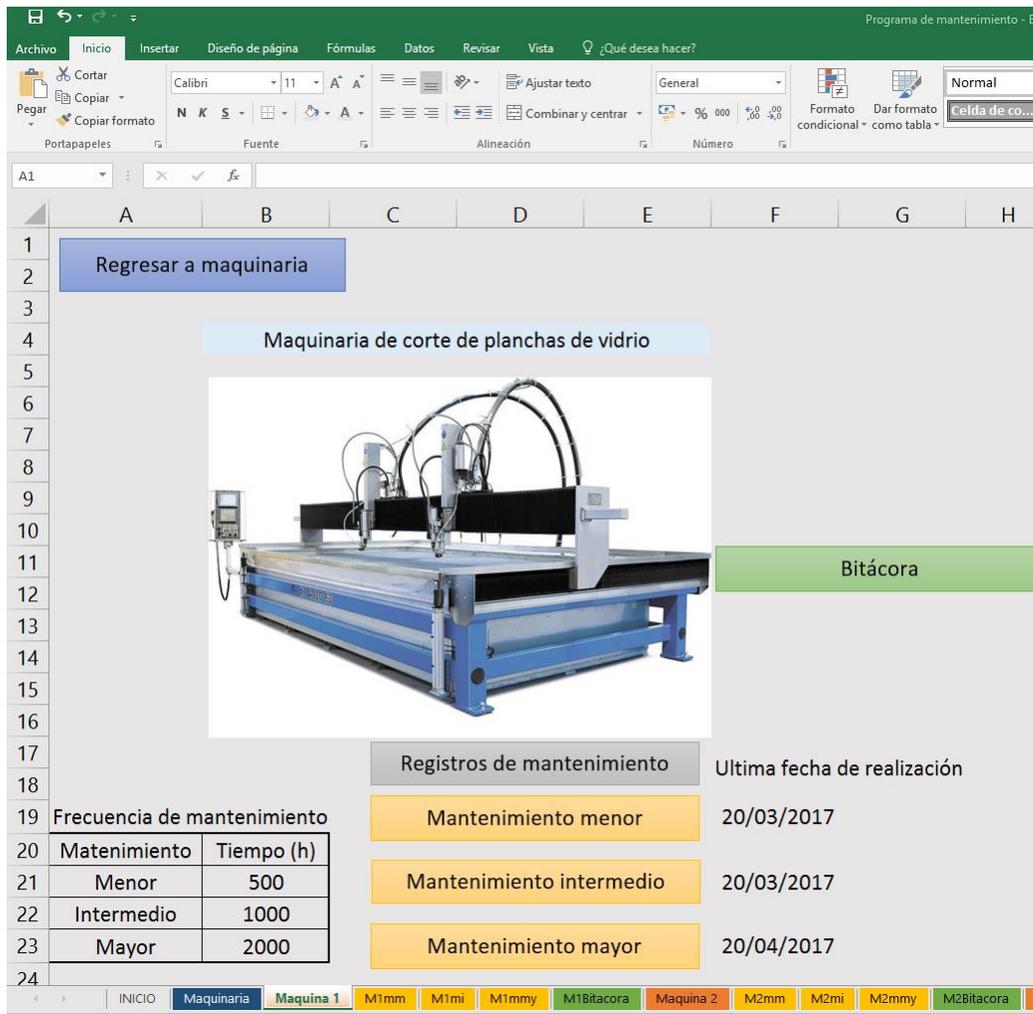
La tabla LV indica que se tendrá un indicador color verde cuando el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento se encuentre en el rango entre cero y un número cercano que proporcione el color amarillo dependiendo del tipo de mantenimiento. El color amarillo indica que el ciclo para realizar el próximo mantenimiento se encuentra en un valor medio. El color rojo indica que el mantenimiento debe ser programado y realizado inmediatamente. Cuando se tengan rangos de tiempo que pertenezcan al intervalo entre amarillo y rojo, dependiendo del tipo de mantenimiento, se obtendrá un color naranja, el cual podría ser tomado como un indicador para verificar los recursos necesarios, como la mano de obra o materia prima (repuestos o insumos en inventario), para realizar el tipo de mantenimiento correspondiente.

Al realizar un tipo de mantenimiento menor, intermedio o mayor, se debe anotar la fecha en la cual se realizó el mismo dentro de la hoja de control de



- Botón de máquina 1: permite al usuario dirigirse a la hoja de control de la máquina 1 y acceder a botones que dirigen a los registros de mantenimiento y bitácora correspondiente.
- Botón de máquina 2: permite al usuario dirigirse a la hoja de control de la máquina 2 y acceder a botones que dirigen a los registros de mantenimiento y bitácora correspondiente.
- Botón de máquina 3: permite al usuario dirigirse a la hoja de control de la máquina 3 y acceder a botones que dirigen a los registros de mantenimiento y bitácora correspondiente.
- Hojas de control de máquina: estas hojas contienen información importante respecto a la máquina, como el nombre de la máquina, foto de la máquina, frecuencia de cada tipo de mantenimiento y última fecha en la que se realizó el tipo de mantenimiento. La hoja de control de máquina contiene los siguientes botones:
  - Regresar a maquinaria: permite al usuario regresar a la hoja de maquinaria.
  - Registros de mantenimiento: permite al usuario acceder a los registros de mantenimiento menor, intermedio y mayor.
  - Bitácora: permite al usuario acceder a la bitácora de mantenimientos realizados.

Figura 23. Formato propuesto para las hojas de control de máquina



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

- Hojas de registros de mantenimiento: estas hojas contienen los registros de mantenimiento correspondientes a cada máquina. Se encuentra una hoja para cada tipo de mantenimiento, ya que cada mantenimiento posee distintas piezas y actividades a realizar, por lo cual se debe generar un registro de mantenimiento por cada tipo de mantenimiento que posean las máquinas. Dentro de estas hojas se encuentra un botón que permite





- Hoja de inventario: permite el registro y control de los insumos y repuestos utilizados por actividades de mantenimiento y disponibles dentro del inventario de la empresa, además proporciona información respecto al nombre de los proveedores, tiempo de entrega y precio del insumo.

Figura 26. Formato propuesto para la hoja de inventario

| INVENTARIO DE INSUMOS Y REPUESTOS DE MANTENIMIENTO |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|-----------|-------------|
| Maquinaria                                         | Nombre del repuestos o insumos | Inventario inicial (unidades) | Utilización |                     | Disponibilidad (unidades) | Información de Adquisición |           |             |
|                                                    |                                |                               | Fecha       | Cantidad (unidades) |                           | Lead-Time (días)           | Proveedor | Precio (Q.) |
| Maquina 1                                          |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
| Maquina 2                                          |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
| Maquina 3                                          |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |
|                                                    |                                |                               |             |                     |                           |                            |           |             |

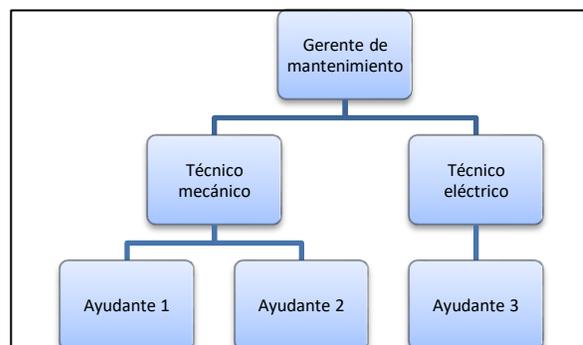
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

### 6.3.3. Costos de mantenimiento

Se plantean los costos necesarios para implementar el plan de conservación propuesto y asegurar la vida útil de la maquinaria de perforación propuesta. Se agruparon los costos de mantenimiento en las categorías de costos fijos y costos variables.

- Costos fijos: dentro de esta categoría se tienen todos los costos de la mano de obra y materiales necesarios para controlar el plan de conservación, esto incluye personal de mantenimiento de planilla e inventario de repuestos o insumos para el mantenimiento.
  - Mano de obra: personal encargado de identificar las actividades de mantenimiento a realizar, determinar el índice de clasificación de gastos de mantenimiento (ICGM), proponer un orden de tareas de mantenimiento a realizar con base en el índice de clasificación de gastos de mantenimiento, realizar los distintos tipos de mantenimiento preventivo y registrar toda actividad e insumo utilizado para el mantenimiento. Se recomienda que el encargado de mantenimiento utilice el programa de mantenimiento propuesto para control y registro digital de las actividades atingentea a este aspecto. Se propone una estructura de gerente de mantenimiento a cargos técnicos de mantenimiento y ayudantes.

Figura 27. **Organigrama propuesto para la mano de obra de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

El gerente de mantenimiento será el encargado de determinar fechas para realizar los distintos tipos de mantenimiento con base en las actividades de mantenimiento definidas, por otra parte, deberá llevar un registro digital de las actividades de mantenimiento realizadas y los insumos utilizados por medio de los registros físicos proporcionados a los técnicos de mantenimiento. Los técnicos y ayudantes son los encargados de realizar los mantenimientos que mande el gerente de mantenimiento y de utilizar los registros físicos para tener constancia de las actividades realizadas y los insumos utilizados.

- Repuestos e insumos: representan todos los materiales que se necesitarán para realizar los distintos tipos de mantenimiento. Se recomienda determinar si es necesario mantener algún material en inventario dependiendo del valor del mismo, esto quiere decir que los insumos y repuestos de valor relativamente bajo, como lubricantes o herramientas básicas, pueden permanecer en inventario sin representar un costo elevado. Por otra parte, no es conveniente tener repuestos especializados que tengan un valor relativamente alto, debido al costo de almacenaje y valor propio que representan. Al implementar el programa de mantenimiento propuesto se podrá determinar el tiempo aproximado que hará falta para realizar algún tipo de mantenimiento; si dentro de las actividades de mantenimiento a realizar se tiene el reemplazo de alguna pieza especializada, entonces el gerente de mantenimiento podrá adquirir una pieza teniendo en cuenta el *Lead Time* o tiempo de entrega del proveedor descrito en el programa de mantenimiento, lo que permite disminuir los costos de inventario.
- Costos variables: resultan de las actividades de mantenimiento inesperadas, las cuales se dan por mantenimientos de tipo correctivo. De

igual forma que los costos fijos de mantenimiento, los costos variables representan un costo en el área de mano de obra y repuestos necesarios, además se tienen en cuenta los costos por paro.

- Mano de obra: en ocasiones los mantenimientos correctivos pueden ser realizados por la mano de obra que posee la empresa, lo que resulta en la introducción de tareas no programadas para el departamento de mantenimiento y se puede llegar a necesitar horas extra de trabajo. En caso de que el Departamento de Mantenimiento no se encuentre capacitado para resolver el problema, se incurre en un costo por contratar técnicos especializados externos a la empresa, por lo general la empresa proveedora del equipo y maquinaria tiene a su disposición técnicos para contratar.
- Repuestos e insumos: el mantenimiento correctivo se realiza cuando se da una falla imprevista, en la mayoría de los casos representa un daño severo a alguna de las piezas de la máquina, por lo cual se debe adquirir piezas especializadas para reemplazar la obsoleta. Muy probablemente no se tendrá registro de cuál pieza fallará en determinado momento, por lo mismo no se tendrá repuestos o insumos disponibles en inventario para solucionar el problema. Los repuestos o insumos se deben adquirir por medio de empresas especializadas en el tema.
- Costo por paro: los mantenimientos preventivos son programados para realizarse en horarios en los que no se está utilizando la maquinaria y equipo, pero una falla que requiera mantenimiento de tipo correctivo comúnmente sucederá en horarios de trabajo, por lo cual se tendrá un costo por producción perdida, mano de obra desaprovechada y materiales sin trabajar.

## CONCLUSIONES

1. Los estudios de factibilidad técnica y económica realizados en este proyecto indican que sí es factible la adquisición e instalación de maquinaria perforadora de vidrio para el Departamento de Producción de la empresa.
2. La evaluación técnica del proceso actual de maquinado de vidrio permitió determinar la capacidad de cada máquina en la línea de producción, con lo cual se hizo evidente que el cuello de botella de esta se encuentra ubicado en el área de perforación de vidrio.
3. Mediante la comparación de la demanda histórica con la capacidad de producción actual, se determinó que la empresa posee un déficit de producción causado por un cuello de botella ubicado en el área de perforación del Departamento de Producción. La capacidad de producción ideal de la empresa es de 28,18 metros cúbicos al mes, lo cual permite cubrir la demanda promedio del mercado. La capacidad actual del área de perforación es de 16,49 metros cúbicos al mes, lo que significa que la nueva máquina de perforación que se adquiera debe tener como mínimo una capacidad de 11,69 metros cúbicos al mes para satisfacer la demanda promedio del mercado.
4. El estudio financiero realizado en este proyecto muestra resultados positivos respecto a la adquisición de maquinaria para el área de perforación del Departamento de Producción, ya que con la adquisición de la máquina es posible incrementar el nivel de producción para

satisfacer la demanda insatisfecha del mercado, la cual tiene un promedio del 31,50 % del producto demandado por el mercado mensualmente.

5. Se diseñó un plan general de montaje e instalación adecuado para maquinaria de perforación en la línea de producción de la empresa. El plan contiene los pasos mínimos que debe poseer un plan de montaje e instalación para proyectos que requieran las operaciones de cimentación, montaje e instalación similares.
  
6. Se describe el plan de conservación para maquinaria perforadora de vidrio diseñado con la herramienta Microsoft Excel, dentro del cual se puede determinar el tiempo que puede trabajar una máquina sin tener ninguna intervención de mantenimiento. El plan permite organizar las actividades de mantenimiento que se realizarán en la máquina después de determinada cantidad de horas de trabajo, así se tiene distintas actividades de mantenimiento para determinada cantidad de horas trabajadas. Por otra parte, el plan proporciona formatos de registros de mantenimiento y bitácoras, los cuales sirven para llevar un control detallado de las actividades de mantenimiento realizadas, la pieza analizada, los repuestos utilizados y los encargados del trabajo.

## RECOMENDACIONES

1. Para el funcionamiento del área de corte y de perforación, el Departamento de Arquitectura de la empresa debe proporcionar un esquema en AutoCAD en que se representen gráficamente las especificaciones de la pieza que el cliente solicitó, entonces el área de corte y de pulido proceden a dibujar en los programas de computadora de la maquinaria de corte y de perforación los esquemas proporcionados por dicho departamento. Por esto la empresa puede capacitar a los trabajadores del Departamento de Arquitectura para que puedan proporcionar los esquemas con las especificaciones del cliente, al área de corte y de perforación, en formato de AutoCAD y en el que trabajen las máquinas. Esto permitirá aumentar en gran medida el tiempo aprovechado por los trabajadores del área de corte y perforación.
2. Actualmente existe un proyecto dentro de la empresa que consiste en tomar las piezas derivadas de la merma del proceso y reutilizarlas para reducir costos de materia prima. Sin embargo, el método de almacenamiento utilizado exige gran cantidad de tiempo de los trabajadores del área de corte para ubicar la pieza de merma y reutilizarla, lo cual puede resultar en un desperdicio de tiempo y en un aumento de costos en lugar de una reducción de los mismos, como se planificó, la empresa puede determinar un mejor método de almacenamiento de este material.

3. Establecer lo más pronto posible el plan de conservación para garantizar la calidad del servicio que prestan las máquinas de la línea de producción de la empresa.
4. En caso de adquirir la maquinaria, se propone seguir el plan de montaje e instalación planteado en este proyecto, para garantizar el buen funcionamiento de la máquina y del proceso global.
5. La adquisición de la maquinaria permitirá a la empresa elevar su nivel de producción para satisfacer la demanda insatisfecha del mercado, sin embargo, no se debe olvidar que los procesos siempre se pueden mejorar, por lo cual se debe evaluar el proceso actual exhaustivamente antes de tomar la decisión final de adquirir la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Evaluación financiera*. [en línea]. <[http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tlahuelilpan/administracion/proy\\_inv/evaluacion%20financiera.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tlahuelilpan/administracion/proy_inv/evaluacion%20financiera.pdf)>. [Consulta: 18 de agosto 2016].
2. BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. Nueva York: McGraw-Hill, 2006. 846 p.
3. CANO LÓPEZ, Ariel Adriana María. *Montaje de línea de producción de aglomerados del centro de investigaciones*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 196 p.
4. CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1970. 67 p.
5. *Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. Tema 4, Distribución en planta*. [en línea]. <<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>>. [Consulta: 14 de agosto 2016].
6. DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. *La productividad en el mantenimiento industrial*. Mexico: Patria, 2014. 278 p.

7. ELÍAS DÍAZ, Gustavo Adolfo. *Montaje de equipo para líneas de producción*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 189 p.
8. ESTRADA BERCIAN, Juan Diego. *Diseño, montaje e instalación de equipo operativo para mejorar rendimiento en empresa de servicios dentales*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 172 p.
9. GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2005. 459 p.
10. GÓMEZ, Giovanni. Evaluación financiera de proyectos: CAUE, VPN, TIR, B/C, PR, CC. 11 de octubre del 2001. [en línea]. <<http://www.gestiopolis.com/evaluacion-financiera-de-proyectoscaue-vpn-tir-bc-pr-cc/>>. [Consulta: 12 de agosto 2016].
11. GONZÁLES QUIJIVIX, Jorge Luis. *Montaje de una máquina envolvente para línea de producción*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 263 p.
12. Mantenimiento planificado, mantenimiento preventivo. [en línea]. <<http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>>. [Consulta: 14 de agosto 2016].

13. OBS Bussiness School. *Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve.* [en línea]. <<http://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>>. [Consulta: 15 de agosto 2016].
14. SAMPIERI HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de investigación.* 4a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2006. 882 p.
15. SAPAG, Nassir; SAPAG, Reinaldo. *Preparacion y evaluación de proyectos.* México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. 463 p.



