



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial**

*Título: Diseño de una máquina para la producción de espacatos, a partir del uso de adoquines de rechazo, en una fábrica de productos de arcilla de la ciudad de Guayaquil.*

*Title: Design of a machine for producing espacatos, from the use of pavers rejection, in a clay products factory in the city of Guayaquil.*

**Autor: Luis Eduardo Ponce Gaibor**

**Director: Ing. Pablo Pérez Gosende, MSc.**

Guayaquil, Junio del 2017

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Yo, Luis Eduardo Ponce Gaibor, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPACATOS, A PARTIR DEL USO DE ADOQUINES DE RECHAZO, EN UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS DE ARCILLA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

**Luis Eduardo Ponce Gaibor**

**CI: 0920016706**

## **DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado “**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPACATOS, A PARTIR DEL USO DE ADOQUINES DE RECHAZO, EN UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS DE ARCILLA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

---

**Luis Eduardo Ponce Gaibor**

**CI: 0920016706**

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPACATOS, A PARTIR DEL USO DE ADOQUINES DE RECHAZO, EN UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS DE ARCILLA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**”, desarrollado por el estudiante **Luis Eduardo Ponce Gaibor** previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el proyecto cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana.

En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los 25 días del mes de julio del 2017

---

**Ing. Pablo Pérez Gosende, MSc.**

**Docente Director del Proyecto Técnico**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme adquirir nuevos conocimientos a lo largo de mi instrucción académica y poder culminar satisfactoriamente con una de mis metas propuestas, en segundo lugar a mis padres por su ayuda incondicional y quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales, en tercer lugar a mi esposa e hijos por ser parte importante en mi vida y mi principal motivación para seguir cursando cada nivel a lo largo de mi formación académica. Y en cuarto lugar a mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas que durante estos seis años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A la Universidad Politécnica Salesiana por haber aceptado ser parte de ella, a cada uno de mis maestros que formaron parte de mi vida universitaria, por haberme transmitido sus sabios conocimientos y consejos, los mismos que me sirvieron para convertirme en un buen profesional.

A mi tutor, el Ing. Pablo Pérez Gosende por su valioso tiempo brindado, sus conocimientos impartidos, su paciencia y consejos para que mi proyecto sea exitoso.

A mi gran amiga Ing. Anita Díaz, por brindarme todo su apoyo y permitirme en poder realizar mi proyecto en su prestigiosa Empresa.

## RESUMEN

La fábrica de productos de arcilla objeto de estudio muestra un elevado costo de almacenamiento debido a la presencia de un alto inventario de adoquines que no tienen salida al mercado dado el incumplimiento de ciertas conformidades de calidad. En este contexto, este trabajo presenta una propuesta que parte de la utilización de los adoquines de rechazo para transformarlos en espacatos, que es un elemento decorativo muy usado en la actualidad. El proyecto buscó diseñar una máquina que permita transformar los adoquines rechazados en espacatos, y de esta forma, recuperar la inversión realizada en la producción de adoquines defectuosos.

La estrategia metodológica implementada comenzó con el estudio del proceso productivo de adoquines y espacatos ya existente en la empresa, identificando las operaciones que aportan valor. Los adoquines rechazados que serán la materia prima para la producción de espacatos se sometieron a ensayos de compresión para observar su resistencia mínima a la flexión, cuestión clave para identificar las características de las partes y piezas de la máquina a diseñar. Se utilizó la herramienta Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) orientada a los entregables y a las fases del proyecto para planificar su alcance. Luego, partiendo de la determinación de la demanda esperada de espacatos mediante la aplicación de modelos de pronósticos de series históricas, se define la capacidad apropiada para la maquinaria y se diseñan o seleccionan sus partes y piezas.

Por último se presenta el valor económico de la propuesta y se analiza la factibilidad económica del proyecto a través de dos indicadores de rentabilidad: el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Rentabilidad. En el desarrollo del proyecto se utilizan además flujogramas realizados mediante la observación directa de los procesos, y se presenta el entregable final del proyecto mediante el software AUTOCAD.

## **ABSTRACT**

The clay products factory under study shows a high cost of storage due to the presence of a high inventory of pavers that have no outlet to the market given the non-compliance of certain quality compliances. In this context, this paper presents a proposal that starts from the use of rejection pavers to transform them into spacatos, which is a decorative element widely used nowadays. The project aimed to design a machine that allows to transform the rejected pavers into spacatos, and at the same time, allow to recover the investment made in the production of defective pavers.

The methodological strategy implemented began with the study of the production process of pavers and spacatos already used in the company, identifying the operations that contribute to add value. The rejected pavers that will be the raw material for the production of spacatos were subjected to compression tests to observe their minimum resistance to flexion, a key question to identify the characteristics of the parts and pieces of the machine to be designed. The Work Breakdown Structure (WBS) tool was used for the planning of the scope of the project, specifically the one oriented to deliverables and the project phases. Then, starting from the determination of the expected demand of spacatos by the application of historical series forecast models, the appropriate capacity for the machinery is defined and its parts are designed or selected.

Finally, the economic value of the proposal is presented and the economic feasibility of the project is analyzed through two profitability indicators: the Net Present Value and the Internal Rate of Return. In the development of the project, flowcharts made by direct observation of the processes are also used, and the final deliverable of the project is presented through the AUTOCAD software.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Importancia y alcance del proyecto .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1 Inventario de las partes interesadas .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Planificación de alcance .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Delimitación .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1 Planificación de tiempo .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.2 Cronograma de actividades.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Objetivo general .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Las actividades asociadas .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Ciclo de vida de un producto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Control de inventarios.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Costes de almacenamiento .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Costes de preparación .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Los siete desperdicios .....</b>	<b>19</b>
<b>2.7 Diseño de máquinas.....</b>	<b>20</b>

<b>2.8</b>	<b>Proceso de diseño de máquinas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.8.1</b>	<b>Diseño de partes.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Selección de material.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterización de un proceso .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Capacidad de producción .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Estimación de la demanda .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Estudio de tiempos en la producción de espacatos.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Requerimientos del estudio de tiempos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1.1</b>	<b>Equipos para el estudio de tiempos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.1.2</b>	<b>Método continuo en el estudio de tiempos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Investigación de datos para el estudio de la demanda .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Diseño de maquinarias.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Diseño de los ciclones .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Mesa transportadora para materiales con base regular.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.2.1</b>	<b>Ancho de mesa transportadora .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.2.2</b>	<b>Distribución de rodillos de una mesa transportadora .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.2.3</b>	<b>Guías laterales de una mesa transportadora .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Aserrado con disco de diamante .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Estructura y características de un disco diamantado .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Máquina con disco diamantados.....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Máquinas multidiscos paralelos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.7</b>	<b>Prensas hidráulicas.....</b>	<b>33</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Ventajas de las prensas hidráulicas .....</b>	<b>33</b>
<b>3.8</b>	<b>Características para el diseño de máquinas.....</b>	<b>34</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Características físicas para el diseño de máquinas .....</b>	<b>34</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Características mecánicas para el diseño de máquinas .....</b>	<b>34</b>
<b>3.9</b>	<b>Estructura de una máquina.....</b>	<b>35</b>

<b>3.10</b>	<b>Modelado de una màquina mediante CAD .....</b>	<b>36</b>
<b>3.10.1</b>	<b>Delineaciòn de los planos en 2D .....</b>	<b>36</b>
<b>3.11</b>	<b>Estructura de desglose del trabajo (EDT).....</b>	<b>37</b>
<b>3.12</b>	<b>Anàlisis financiero .....</b>	<b>38</b>
<b>3.12.1</b>	<b>Evaluaciòn econòmica de un proyecto.....</b>	<b>38</b>
<b>3.12.1.1</b>	<b>Valor actual neto .....</b>	<b>39</b>
<b>3.12.1.2</b>	<b>Tasa interna de retorno .....</b>	<b>39</b>
	<b>CAPÍTULO VI: RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterizaciòn del proceso de adoquines .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Flujo de proceso de producciòn de espacatos .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Caracterizaciòn de la producciòn de espacatos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4</b>	<b>Estimaciòn de la demanda de los espacatos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5</b>	<b>Estimaciòn de la capacidad de la maquina para producir espacatos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.6</b>	<b>Planificaciòn del alcance. Estructura de desglose del trabajo.....</b>	<b>48</b>
<b>4.7</b>	<b>Diseño de la màquina para producir espacatos .....</b>	<b>51</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Diseño del ciclòn .....</b>	<b>51</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Diseño de la mesa transportadora .....</b>	<b>54</b>
<b>4.7.3</b>	<b>Selecciòn de pistones hidràulicos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.7.4</b>	<b>Selecciòn de discos diamantados .....</b>	<b>57</b>
<b>4.7.5</b>	<b>Calculo de potencia del motor elèctrico para el sistema de guìas .....</b>	<b>58</b>
<b>4.7.6</b>	<b>Diseño de campanas extractoras .....</b>	<b>60</b>
<b>4.6.8</b>	<b>Central hidràulica .....</b>	<b>60</b>
<b>4.8</b>	<b>Descripciòn de las caracterìsticas la màquina .....</b>	<b>62</b>
<b>4.9</b>	<b>Plano esquemàtico de la màquina para producir espacato .....</b>	<b>63</b>
<b>4.10</b>	<b>Estudio de factibilidad econòmico financiera del proyecto .....</b>	<b>66</b>
<b>4.10.1</b>	<b>Anàlisis financiero .....</b>	<b>66</b>
<b>4.10.1.1</b>	<b>Costos directos .....</b>	<b>66</b>
<b>4.10.1.2</b>	<b>Costos de materiales .....</b>	<b>66</b>

<b>4.10.1.3 Costo de mano de obra.....</b>	<b>67</b>
<b>4.10.1.4 Costos indirectos.....</b>	<b>68</b>
<b>4.10.1.5 Costo total de fabricación de máquina para producir espacatos.....</b>	<b>68</b>
<b>4.10.2 Estudio de flujos netos de efectivo .....</b>	<b>69</b>
<b>4.10.3 Cálculo del Van y Tir .....</b>	<b>69</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación global de la Empresa.....	9
Figura 2.	Planta de Beneficio ALFADOMUS LTDA.....	9
Figura 3.	Ruta Critica del Proyecto Tecnico.....	12
Figura 4.	Diagrama de Gantt. Cornograma de Actividades.....	13
Figura 5.	Simbolos de diagrama de flujo.....	17
Figura 6.	Ciclo de Vida de un Producto.....	17
Figura 7.	Simbolos para elaboraciòn de flujograma de proceos.....	23
Figura 8.	Ciclones de alta eficiencia para captaciòn de polvo.....	29
Figura 9.	Mesa transportadora de rodillos.....	29
Figura 10.	Ancho de mesa transportadora.....	30
Figura 11.	Centro de rodillos en una mesa transportadora.....	31
Figura 12.	Discos diamantados.....	32
Figura 13.	Mesa cortadora de bloque con puente de traslado.....	32
Figura 14.	Màquinas multidiscos de cortes.....	33
Figura 15.	Prensa hidràulica de 200 Tn con centralita de aceite.....	34
Figura 16.	Partes de un torno universal.....	36
Figura 17.	Vistas 2D y 3D de AUTOCAD.....	37
Figura 18.	Flujo de proceso de adoquines.....	40
Figura 19.	Molino primario de martillo para arcilla.....	41
Figura 20.	Extrusora para compactaciòn de arcilla.....	41
Figura 21.	Flujo de proceso de espacatos.....	43
Figura 22.	Pronòstico de la demanda de espacatos.....	46
Figura 23.	Estudio de tiempo de la producciòn actual de espacatos.....	47
Figura 24.	Estructura de Desglose de Trabajo Componentes y Subcomponentes ...	49
Figura 25.	Estructura de Desglose de Trabajo Orientado a las fases .....	50
Figura 26.	Estructura de Desglose de Trabajo Orientado a los Entregables .....	51

Figura 27.	Plano esquemàtico del ciclòn de alta eficiència .....	53
Figura 28.	Plano esquemàtico de la mesa transportadora.....	54
Figura 29.	Cilindro hidràulico de baja presiòn .....	55
Figura 30.	Ensayo destructivo del adoquìn .....	56
Figura 31.	Cilindro hidràulico de alta presiòn.....	57
Figura 32.	Plano esquemàtico de campanas extractoras.....	60
Figura 33.	Plano esquemàtico del proyecto diseño de la maquina.....	64
Figura 34.	Vista isomètrica de la maquina.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de Interesados .....	7
Tabla 2	Actividades consideradas para el desarrollo del proyecto .....	11
Tabla 3	Determinación de los costes de almacenamiento de los inventarios .....	18
Tabla 4	Pautas para considerarse en un diseño .....	21
Tabla 5	Flujo de información y mejoras para el diseño de los formatos .....	21
Tabla 6	Características que deben considerarse en la Selección de Materiales .....	22
Tabla 7	Clasificación de transportadores de rodillos .....	30
Tabla 8	Clasificación de adoquines dependiendo la calidad semana # 24 del 2017..	42
Tabla 9	Valor monetario total estimado por clase de productos.....	43
Tabla 10	Calculo del pronóstico de la demanda de espacatos para el año 2017.....	46
Tabla 11	Parametros de los modelos de pronósticos aplicados .....	46
Tabla 12	Estudio de tiempo de la producción actual de espacatos.....	47
Tabla 13	Ciclón de alta capacidad.....	52
Tabla 14	Modelos y aplicaciones de discos diamantados.....	57
Tabla 15	Eficiencias mecánicas para equipos de velocidad.....	59
Tabla 16	Modelo y aplicaciones de centralitas de aceite.....	61
Tabla 17	Materiales requeridos por componentes.....	67
Tabla 18	Costo total de mano de obra.....	67
Tabla 19	Costo total de construcción.....	68
Tabla 20	Costo total indirecto.....	68
Tabla 21	Costo total del proyecto.....	68
Tabla 22	Estudio de flujos netos de efectivos.....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Espacatos de primera calidad .....	77
Anexo 2	Cantera de Arcilla.....	78
Anexo 3	Patios de almacenamiento con Productos rechazados.....	79
Anexo 4	Esquema de flujo de producción de espacatos .....	80
Anexo 5	Màquina actual utilizada para la producción de espacatos.....	81
Anexo 6	Espacatos Rechazados por Corte Transversal .....	82
Anexo 7	Visitas realizadas a la planta ALFADOMUS para toma de datos.....	83

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados.
EDT	Estructura de Desglose del Trabajo.
P.V. P	Precio de venta al público.
PIB	Producto interno bruto.
WIP	(Organización Mundial de Salud)
Dt	Demanda total.
Ft	Pronóstico del periodo t
Et	Error de pronóstico en periodo t
(MAD)	Mean absolute deviation (Desviación absoluta media de los errores de pronósticos)
(RSFE)	Suma acumulada de los errores pronosticados.
(TS)	Señal de seguimiento.
S	Valor de salvamento.
TD	Tasa de Depreciación.
2D	Vista plana (Segunda Dimensión).
3D	Pantalla tridimensional
Va	Valor actual.
n	Número de años.
CD	Costo directo.
TE	Tiempo estándar.
RPM	Revoluciones por minutos.
W	Peso.
$\eta$	Rendimiento del motor.

$\omega$	Velocidad angular.
$v$	Velocidad lineal.
$\epsilon$	Eficiencia del motor.
Kw	Kilo watts de potencia.
HP	Horse power (Caballo de Vapor).
mm	Milímetros.
Kg	Kilogramos.
HP	Eficiencia del motor.
MR	Módulo de ruptura.
P	Carga máxima aplicada.
L	Distancia entre ejes.
B	Longitud del eje menor del rectángulo inscrito.
H	Espesor del adoquín.
MPa	Mega pascales.
$r$	Radio.
s	Segundos.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años en el Ecuador se le ha dado mucha importancia a la transformación y diversificación de su matriz productiva. Y es precisamente este criterio uno de los objetivos incluido en el plan nacional del buen vivir, que es el plan estratégico del gobierno nacional durante el periodo 2013 a 2017.

Durante años atrás el Ecuador se caracterizaba por exportar materia prima e importar productos terminados, sin embargo, gracias a esta política de gobierno aplicada desde el 2013, se ha puesto énfasis en el fortalecimiento del sector industrial no petrolero y el desarrollo de productos y servicios de alto valor agregado, que puedan ser competitivos en el mercado internacional y a la vez sustituir las importaciones.

En este contexto, la industria de los materiales para la construcción se ha ido fortaleciendo paulatinamente a nivel nacional como resultado de los nuevos proyectos de inversión que se acometen en el marco del plan nacional del Buen Vivir.

Específicamente en Guayaquil el programa de regeneración urbana impulsado por la Muy Ilustre Municipalidad ha permitido disparar la venta de adoquines destinados a la restauración de parques y plazas, pero lamentablemente una alta demanda de este producto no implica aumentos en sus niveles de productividad. Esto es precisamente lo que ocurre en la planta objeto de estudio, la misma que se dedica a la producción de adoquines y a pesar del discreto aumento en los volúmenes de producción de adoquines en los últimos años, también ha aumentado la cantidad adoquines que no cumplen con las especificaciones de calidad de la empresa, por lo que son rechazados.

Para la fabricación de adoquines se requiere que la materia prima principal esté compuesta por diferentes tipos de arcillas. Estas provienen de diversas provincias, tales como: Loja (Color roja), Riobamba (Color blanca), Santo Domingo de los Tsáchilas (Color verde) y Guayas (Color café). La composición de cada una de ellas dependerá del tipo de color que se requiera obtener para variar el ambiente. El color de los adoquines dependerá de la proporción en la que se mezclan estos diferentes tipos de arcilla.

La arcilla se encuentra en zonas montañosas y su explotación, normalmente se efectúa a cielo abierto, utilizando medios mecánicos convencionales. La cantidad de recursos para extraer y transportar hasta la planta objeto de estudio, suelen variar unos de otros dependiendo su ubicación.

Luego de su extracción la materia prima bruta pasa por subprocesos, como son la: trituración, compactación y finalmente es cocida a temperatura de 1100°C; operaciones necesarias para la obtención del adoquín de arcilla como producto terminado.

La utilización de arcilla dentro del proceso de producción debe ser eficiente ya que existen dos puntos importantes que considerar: el ambiental, por los métodos o recursos que se utilizaron su extracción o transportación y los costos de producción, porque pueden afectar a la liquidez de la empresa.

La empresa objeto de estudio tiene un alto rubro en inventario de adoquines de 4 cm de alto x 10 cm de ancho x 21 cm de longitud, debido a que no tienen salida al mercado porque no cumplen con la calidad necesaria para ser considerado un producto de primera, ya que presentan imperfecciones en su perímetro como: fisuras, manchas, etcétera, haciéndolo poco atractivo para los clientes.

Debido a que este material ya pasó por el proceso de cocción posee cierta resistencia a la fuerza de corte y un ligero pandeo en lo que respecta a su longitud. Estas características impiden que se puedan utilizar las mismas máquinas con las que se fabrican los espacatos a partir del adoquín crudo que aún no ha pasado por el proceso de cocción.

La empresa desea encontrar una solución que le permita reducir o eliminar la gran cantidad de adoquines defectuosos que se encuentra en los patios de almacenamiento y a la vez, le permita recuperar la inversión que en su momento realizó para la producción de este tipo de producto, que dejó de considerarse como material de primera, posiblemente por métodos inadecuados aplicados. La producción de espacatos a partir de estos adoquines promete ser una buena alternativa de solución.

El diseño de una máquina que pueda fabricar espacatos a partir del uso de adoquines de rechazo, hace posible que se hayan considerado elegir que componentes o mecanismos se adaptan mejor a los requisitos y restricciones que deberán ser superados para cumplir con soluciones únicas y válidas para satisfacer esta alternativa de solución. Tomar decisiones basadas en los conocimientos y la experiencia para que el diseño cumpla con los objetivos de minimizar la cantidad de adoquines defectuosos almacenados en los patios y recuperar la inversión inicial realizada en la producción.

El tiempo estimado para la elaboración del proyecto en su totalidad es de 5 meses, a partir de la Aprobación del anteproyecto técnico por parte del Consejo de carrera de Ingeniería Industrial. Límite espacial: ubicado en Guayaquil – Daule, sitio llamado Petrillo (ver en figura 2, la ubicación de Planta de Beneficio ALFADOMUS).

Respecto a la delimitación académica, nos será de gran ayuda para la realización de este proyecto las siguientes materias de nuestra malla curricular: Dibujo-AutoCAD, Probabilidad y Estadísticas, Estrategia de Manufactura, Resistencia de materiales, Administración de proyectos, Control y Presupuestación, Elementos de Máquinas, Seguridad Industrial, Electricidad.

El trabajo que se presenta está estructurado en cuatro capítulos. El primero, presenta el problema que se pretende resolver con esta investigación. El segundo, se desarrolla el marco teórico donde se realiza una recopilación de información primaria que contribuya a conocer las mejores alternativas para el desarrollo de este trabajo. El tercero por su parte, presenta el marco metodológico que se siguió para resolver el problema mediante la aplicación de las herramientas apropiadas para este caso y El cuarto Capítulo acoge los resultados del estudio, por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

El conocimiento de la naturaleza de la arcilla se hizo mejor hacia los años 1920 y 1930 con la mejora en la tecnología de los microscopios, necesarios para analizar los tamaños infinitesimales de sus partículas. La arcilla tiene propiedades plásticas, lo que significa que al humedecerla puede ser modelada fácilmente. Al secarse se torna firme y cuando se somete a altas temperaturas aparecen reacciones químicas que, entre otros cambios, causan que la arcilla se convierta en un material permanentemente rígido, denominado cerámica.

La arcilla se encuentra en zonas montañosas y su explotación, normalmente, se efectúa a cielo abierto, utilizando medios mecánicos convencionales.

La arcilla es utilizada para hacer objetos de alfarería de uso cotidiano o decorativo. Los diferentes tipos de arcilla, cuando se mezclan con diferentes minerales y en diversas condiciones, son utilizados para producir algún tipo de productos como: adoquines, espacatos, bloques, etc. Dependiendo del contenido mineral de la tierra, la arcilla, puede aparecer en varios colores desde un pálido gris a un oscuro rojo anaranjado. A este proceso se suma la cocida al fuego, en donde se puede indicar que, en ésta, la temperatura asciende hasta 1100°C.

En la actualidad los productos de arcillas son muy utilizados y tienen gran acogida por la resistencia que ofrecen y el aspecto visual que reflejan produciendo un entorno seguro y agradable para los usuarios.

Desde 1957 hasta la actualidad la empresa objeto de estudio se dedica a la elaboración de productos de arcilla, con el objetivo de satisfacer la necesidad de crear ambientes embellecidos con productos como: adoquines, espacatos, bloques, etcétera y a la vez generar rentabilidad a los inversionistas. Su materia prima principal está compuesta por diferentes tipos de arcillas provenientes de provincias como: Loja (Color roja), Riobamba (Color blanca), Santo Domingo de los Tsáchilas (Color verde) y Guayas (Color café).

La materia prima bruta pasa por subprocesos como: Trituración, homogenización, compactación y finalmente es cocida a temperatura de 1100°C; procesos necesarios para la obtención del adoquín de arcilla.

La empresa objeto de estudio tiene un alto rubro en inventario de adoquines de 4cm de alto x 10 cm de ancho x 21 cm de longitud, debido a que no tienen salida al mercado

porque no cumple con la calidad necesaria para ser considerado producto de primera ya que presentan imperfecciones en su perímetro como: fisuras, manchas, etcétera, haciéndolo poco atractivo para los clientes.

Como estrategia para motivar al cliente a que adquiera el producto y a la vez permita recuperar la inversión inicial que se produjo en la producción de este material, la empresa ha promocionado el producto a la venta con un descuento del 50% por debajo del precio de primera calidad es decir; de \$ 0.36 P.V.P por unidad a \$ 0.18 P.V.P por unidad, alternativa que hasta el momento, no ha permitido el cumplimiento de su objetivo inicial.

## **1.2 Importancia y Alcance del Proyecto**

El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa y es uno de los activos más grandes, porque aparece tanto en el balance general como en el estado de resultados. Los inventarios es el corazón del negocio, por lo tanto, la empresa procura minimizarlo porque su mantenimiento es costoso. Tener inventarios estáticos paraliza un capital que se podría emplear para mejorar o aumentar el negocio.

El diseño de una máquina de fácil operación, mantenibilidad, que pueda trabajar con adoquines crudos como cocidos y que su capacidad de producción este acorde a la demanda del mercado que en la actualidad es de 85.250 Unidades/Mes, hace posible que se pueda fabricar espacatos a partir del uso de adoquines de rechazo, lo que permitirá reducir el inventario existente y recuperar la inversión inicial realizada en la producción de este producto.

En la actualidad la empresa objeto de estudio mantiene en su inventario 180.000 unidades de adoquines defectuosos, lo que representa un valor de \$ 32.840,00 que ha dejado de recibir por concepto de ventas.

El alcance del proyecto se limita con el desarrollo del diseño de una máquina para la producción de espacatos, a partir del uso de adoquines de rechazo, en una fábrica de productos de arcilla de la ciudad de Guayaquil.

Este trabajo presenta una alternativa de solución para minimizar o eliminar los adoquines defectuosos que se encuentran en los patios de almacenamiento de la fábrica objeto de estudio, mediante la construcción de un producto que pueda ser utilizado en las paredes, como lo es el espacato. Estos son productos de arcilla de 2,5 centímetros de ancho por 4 centímetros de alto y 21 centímetros de largo, muy utilizado en la actualidad como elemento decorativo en paredes exteriores e interiores.

### **1.2.1 Inventario de las partes interesadas**

Un análisis sobre las posibles partes interesadas en el desarrollo de este proyecto se presenta en la Tabla 1. De ahí, podemos inferir que el beneficiario principal es la Planta objeto de estudio, porque con la presentación de este proyecto que se encuentra asentada bajo estudios anteriormente realizadas por diferentes autores y por datos secundarios recopilados de la empresa misma, mostrará una propuesta para la recuperación de la inversión inicial que se realizó en el proceso de producción del adoquín rechazados, lo que representaría mayor rentabilidad a la empresa.

Otro beneficiario principal de esta propuesta es el cursante de la carrera que diseñará la máquina para elaborar espacatos, ya que es el requisito final para la obtención del Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana.

Con esta propuesta se beneficiarán los inversionistas de la compañía alfarera que desean implementar o incorporar este tipo de máquina, para aprovechar eficientemente la materia prima (arcilla), brindándole valor comercial a los adoquines de rechazo al convertirlos en un producto útil para la sociedad.

Los operadores también se verán beneficiados debido a que estibar un producto cocido brinda mayor facilidad de transporte. Además, en el diseño se tendrán presente los criterios ergonómicos necesario para humanizar el trabajo de sus futuros operadores.

Por último, esta propuesta, al incidir en la mejora de la productividad de la empresa, indirectamente beneficiaría también al Estado Ecuatoriano, ya que la implementación de esta maquinaria como parte de los procesos productivos de la empresa objeto de estudio permitirá la creación de nuevas fuentes de empleo y contribuiría a la diversificación y desarrollo de la matriz productiva del Ecuador.

### **1.2.2 Planificación del alcance**

Un proyecto que se desarrolle para mejorar un proceso o innovar, debe ser correctamente planteado, definido y continuamente supervisado. Cada una de las etapas que intervienen en el mismo es fundamental desarrollarlas de manera eficiente para conocer su alcance.

Una de las herramientas aplicable a este proyecto técnico es el desglose de trabajo (EDT), la cual nos permite organizar, conocer, definir las fases y estructurar las mismas de una manera correcta que nos llevará a cumplir a cabalidad el alcance propuesto. Podemos mencionar puntos a considerar para un adecuado planteamiento de la EDT.

**Tabla 1**  
*Matriz de Interesados*

Inventario de actores	Interés particular	Fase donde interviene*				Actitud potencial frente al proyecto					Acción a desarrollar
		I	P	E	C	MD	D	I	F	MF	
Empresa ALFADOMUS L.D.T.A	Que la empresa recupere la inversión realizada en la producción de adoquines de rechazo que se encuentren en los patios de almacenamiento.	X	X	X	X					X	Desarrollar un diseño de una máquina para producir espacatos a través del uso de adoquines de rechazo.
Ministerio del Medio Ambiente	Que toda empresa implemente procesos que sean amigables con el medio ambiente.				X					X	Buscar soluciones viables para aminorar el impacto al medio ambiente.
Ministerio de Salud Pública	Que las empresas se preocupen por implementar procesos ecológicos para reducir las enfermedades.				X				X		Solicitar a las empresas alfareras evitar el uso de procesos de extracción que causen enfermedades profesionales.
Clientes	Obtener productos sustitutos de calidad para crear un ambiente de diferentes diseños.				X					X	Seleccionar productos presentado en los estantes de ventas.
Empleados	Menor riesgo de enfermedades, mejor ambiente de trabajo.			X	X			X			S/A

**Legenda:** **I**-Iniciación, **P**-Planificación, **E**-Ejecución, seguimiento y control, **C**-Cierre

**MD**- Muy desfavorable, **D**- Desfavorable, **I**- Indiferente, **F**- Favorable, **MF**-Muy favorable.

**Fuente:** Autor

- Concluir el alcance del proyecto basados en los entregables y su correcta descomposición a la cual se las definirán como paquetes de trabajo.
- Dependiendo del método de descomposición y del tamaño de los entregables de cada una de las fases, se deberá estimar la gestión a seguir para llevar un control adecuado y detallado que permita concluir con éxito el proyecto.
- Basados en los controles de avances definidos para este proyecto técnico podremos evaluar su consecución y tomar las decisiones correctas en caso de anomalías que incurra al logro del alcance de este trabajo.
- El control del presupuesto debe ser supervisado y llevado correctamente para evitar que el mismo se desfase de gran manera de su base inicial planteado para el alcance del proyecto. La manera más apropiada es evaluando constantemente desde el inicio hasta la culminación de la vida del proyecto
- La EDT influye de gran manera para conocer los demás procesos del proyecto.

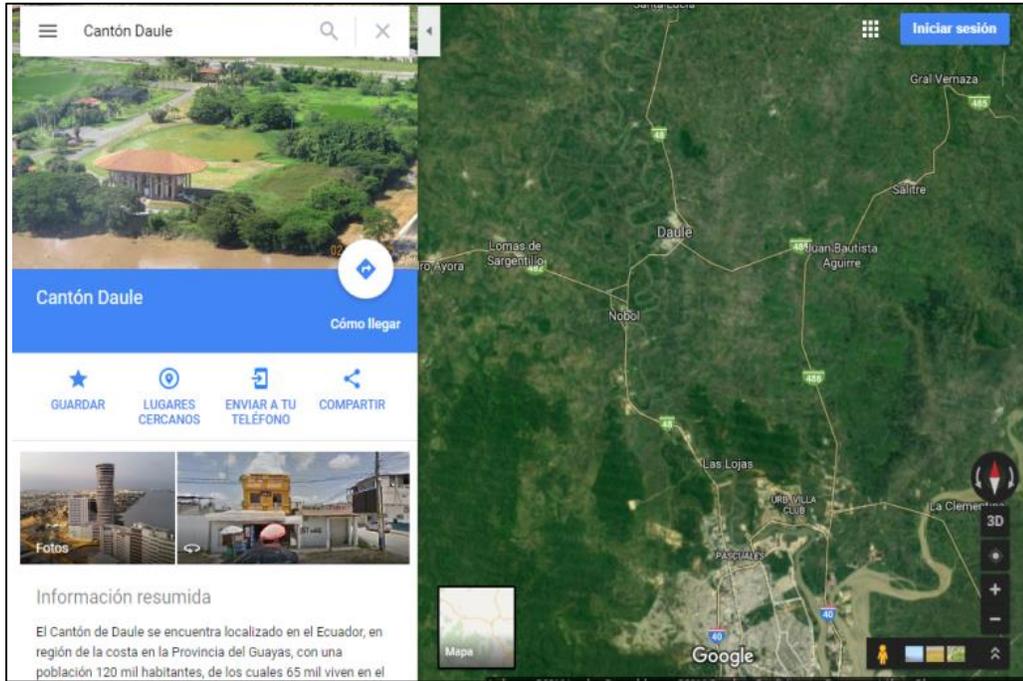
Dependiendo del tipo de proyecto se elaboran los presupuestos, en el cual se detalla todos los recursos que intervienen desde el inicio hasta la finalización del proyecto con sus respectivas características, valores y cantidades.

### **1.3 DELIMITACIÓN**

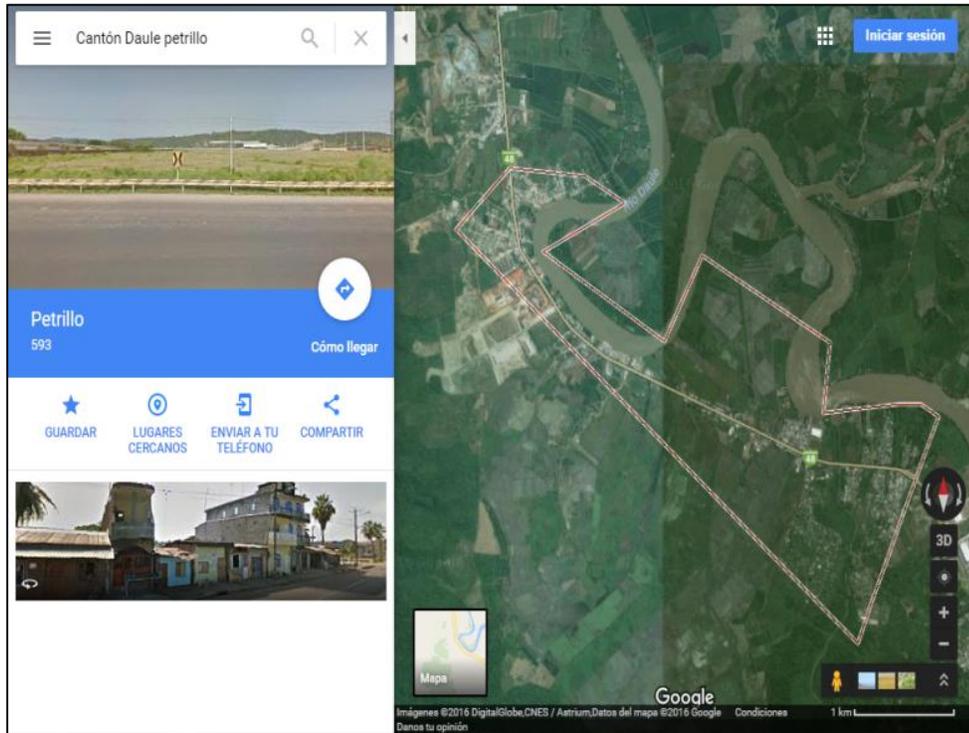
**Límite Temporal:** El tiempo estimado para la elaboración del proyecto en su totalidad es de 5 meses, a partir de la Aprobación del anteproyecto técnico por parte del Consejo de carrera de Ingeniería Industrial.

**Límite Espacial:** En la Figura 1 se muestra la ubicación global de la empresa objeto de estudio la misma que se encuentra ubicada en Guayaquil – Daule-cantón Petrillo.

En la Figura 2 se observa a la planta objeto de estudio ALFADOMUS CIA, LTDA.



**Figura 1.** Ubicación global de la empresa. Fuente: Google Maps.



**Figura 2.** Planta de Beneficio ALFADOMUS. Fuente: Google Maps

Respecto a la delimitación académica, nos será de gran ayuda para la realización de este proyecto las siguientes materias de nuestra malla curricular:

Materias:

1. Dibujo- AutoCAD
2. Probabilidad y Estadísticas
3. Estrategia de Manufactura
4. Resistencia de materiales
5. Administración de proyectos
6. Control y Presupuestación
7. Elementos de Máquinas
8. Seguridad Industrial
9. Electricidad

### **1.3.1 Planificación de tiempo**

Una de las herramientas que permiten ser utilizada en el desarrollo de proyectos, tiene la finalidad de mostrar la duración del mismo; el método de la ruta crítica o del camino crítico es utilizado para el cálculo de tiempos, buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto. La Tabla 2 muestra las actividades que deben cumplirse para el desarrollo del proyecto, sus tiempos de duración, así como también las relaciones de dependencia entre estas actividades.

La Figura 3 muestra las actividades que forman parte de la ruta crítica. Estas actividades requieren especial atención en el seguimiento y control del proyecto, pues de retrasarse podría retrasar la duración total del mismo, lo cual sería contraproducente.

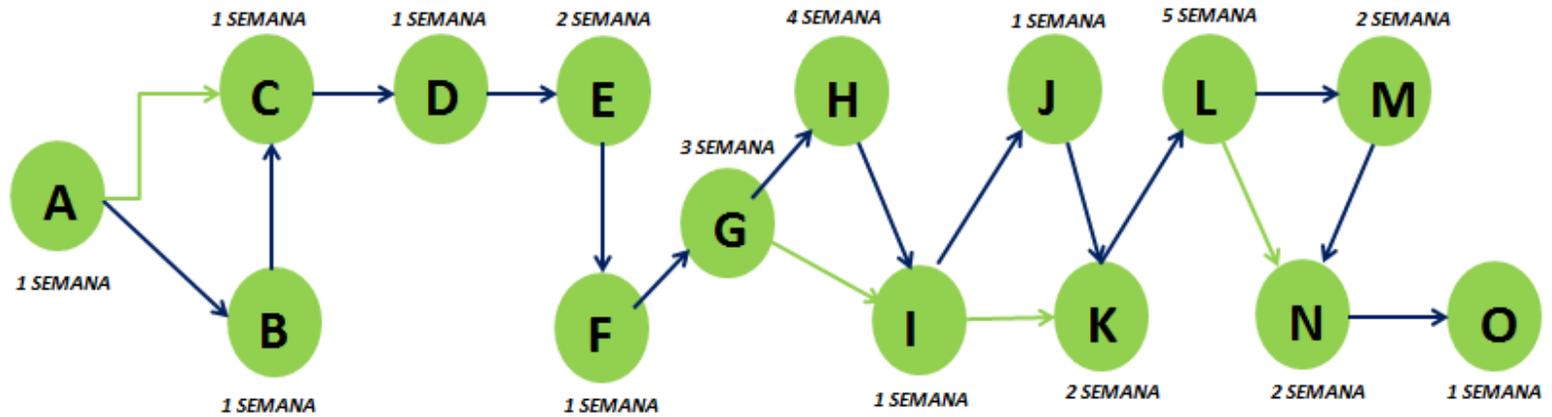
**Tabla 2**  
*Actividades consideradas para el desarrollo del proyecto*

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (Semanas)</b>	<b>Dependencias</b>
<b>A</b>	Presentación de Tema de anteproyecto técnico	1	-
<b>B</b>	Revisión bibliográfica	1	A
<b>C</b>	Levantamiento de información técnica	1	A,B
<b>D</b>	Corrección y mejoramiento del anteproyecto	1	C
<b>E</b>	Entrega del anteproyecto	2	D
<b>F</b>	Aprobación de Anteproyecto	1	E
<b>G</b>	Levantamiento de información técnica	3	F
<b>H</b>	Visitas técnicas a la Planta	4	G
<b>I</b>	Estimación de capacidad de producción de espacatos	1	G,H
<b>J</b>	Definición de complementos y características de la máquina	1	I
<b>K</b>	Diseño de máquina para la producción de espacatos	2	I,J
<b>L</b>	Elaboración del texto de Proyecto Técnico	5	K
<b>M</b>	Revisión, corrección y mejoras de Texto del Proyecto Técnico	2	L
<b>N</b>	Culminación de levantamiento de información	2	L,M
<b>O</b>	Entrega de proyecto	1	N

*Nota.* Actividades del proyecto versus tiempo estimado de duración. Fuente: Autor

### 1.3.2 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades permite conocer el inicio y fin de cada una de las actividades, así como la relación entre ellas para facilitar el seguimiento y control del proyecto. Estas actividades corresponden a los paquetes de trabajo de la Estructura de Desglose del Trabajo que se presentará en el Capítulo 4. Esta herramienta adicionalmente contribuye a mantener una disciplina en el cumplimiento de las tareas o ajustar las mismas, dependiendo del criterio que se pretenda asumir. La Figura 4 muestra el cronograma en forma de Diagrama de Gantt.



**Figura 3.** Ruta Crítica del Proyecto Técnico. Fuente: Autor.

*Nota.* La ruta se encuentra señalada a través de flechas de color azul.

#	ACTIVIDADES	Mes	1				2				3				4				5				6			
		Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Presentación de Anteproyecto Técnico		■																							
2	Revisión Bibliográfica		■																							
3	Levantamiento de Información Técnica		■																							
4	Corrección y Mejoramiento del Tema			■																						
5	Entrega del Anteproyecto				■	■																				
6	Inicio de Proyecto						■																			
7	Levantamiento de Información Técnica						■	■	■																	
8	Visita a la Planta									■	■	■	■													
9	Estimación de la Capacidad de Producción de la máquina.														■											
10	Definición de Complementos y Características del Diseño.															■										
11	Diseño de la Máquina para la Producción de Espacatos															■	■									
12	Elaboración del Texto del Proyecto Técnico.																	■	■	■	■	■				
13	Revisión, Corrección y mejoras del Texto del Proyecto Técnico																							■	■	
14	Culminación del Levantamiento de Información																								■	
15	Entrega de Proyecto																									■

**Figura 4.** Diagrama de Gantt. Cronograma de Actividades. Fuente: Autor

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar una máquina para la elaboración de espacatos, a partir del uso de adoquines de rechazo en una fábrica de productos de arcilla de la ciudad de Guayaquil.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- 1.** Caracterizar el proceso de producción de los productos de arcilla: adoquines y espacatos.
- 2.** Diseñar una máquina con la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de espacatos.
- 3.** Definir las características de diseño de los componentes o partes del equipo y su capacidad de procesamiento.
- 4.** Diseñar la estructura del equipo y sus componentes o partes.
- 5.** Realizar un estudio de factibilidad económico financiera del proyecto.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

En el Ecuador son pocas las empresas que se dedican a la elaboración de productos arcillosos como: adoquines, bloques, baldosas y espacatos. Los productos fabricados por la empresa objeto de estudio han sido considerados para algunas obras de regeneración urbana, entre las más importantes destacadas y principales está el Malecón 2000 de la ciudad de Guayaquil y las zonas regeneradas en las principales calles de la ciudad de Guayaquil. También se ha considerado estos productos para la construcción de los diferentes planes habitacionales de viviendas que existen en la región. Su elección se debe a sus características técnicas y sus elevados niveles de calidad, lo que le ha permitido a la empresa expandirse al mercado internacional, específicamente Estados Unidos y Perú (Carlos, 2011).

La variabilidad, características y calidad de los productos se debe a que la arcilla procede de varias provincias como: Loja, Riobamba, Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayas y tienen diferente composición química. Esta arcilla generalmente se destina a la producción industrial de cerámica estructural extruida. Son arcillas comunes de composición lítica, constituidas por un 50 % de minerales de la arcilla, un 25 % de cuarzo y un 25% de feldespato. Dentro de la fracción arcilla, los minerales predominantes son illita (40%), esmectita (30%) y caolinita (30%). Su composición química mayoritaria es: 62.03% SiO<sub>2</sub>, 18.78% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4.69 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3.90% K<sub>2</sub>O, 1.50 % MgO, 1.22% CaO, 1.11% Na<sub>2</sub>O, 0.59 % TiO<sub>2</sub> y 5.65% de pérdida por calcinación (Iglesias, 2015).

La arcilla se encuentra en zonas montañosas y en su extracción de una u otra manera produce un impacto al medio ambiente. Palabra que tiene un significado claro en cualquier contexto de la vida, pero en el caso del ámbito científico tiene unas connotaciones que van más allá del efecto producido por un acontecimiento, que se relacionan con la importancia, la influencia y el peso de un determinado trabajo para satisfacer una necesidad que favorezca al hombre (José, 2015).

El ejercicio de la industria para fabricación de productos arcillosos debe realizarse de una manera apropiada, porque de lo contrario puede acarrear una o varias demandas a mediante de una acción social, a través del tiempo, producto de sus actividades de extracción, explotación y transformación de la arcilla que ha generado un daño ecológico, como era la extinción de las aves y plantas de la zona. Las industrias que se dedican a este tipo de negocio debe comprometerse a optimizar cada vez su proceso de producción mediante la aplicación de última tecnología para minimizar el impacto ambiental para la conservación del bosque y de las especies menores (Jorge, 2015).

Este trabajo se orienta a un sector específico que tradicionalmente se ha caracterizado, como es la explotación de la arcilla y la comercialización de sus derivados. Se busca con él, en concreto, determinar el impacto económico del sector cerámico, entender su entorno y describir el comportamiento de factores y variables económicas que impactan en el mismo. El desarrollo de los países de América Latina en la generación de riqueza, empleo y bienestar social, así como en el restablecimiento del equilibrio económico. (Johanna, 2015)

En el presente trabajo se consideran las siguientes definiciones básicas:

- **Población económicamente activa:** Supone todo trabajo por el cual se obtiene o genera un ingreso. Por lo tanto, no están solo aquí incluidos los trabajadores que reciben un salario, sino también aquellos que laboran de manera autónoma, es decir, toda la población que se encuentran ocupada. Esto en contraposición de aquella que se encuentra desocupada.
- **Impacto económico:** El conjunto de efectos sobre la producción, la renta y el empleo que tienen su origen en las variaciones de la demanda final de la producción de bienes y servicios.
- **Impactos económicos directos:** Vienen recogidos por los incrementos en la demanda final, es decir, los gastos e inversiones públicas en los distintos sectores productivos.
- **Impactos económicos inducidos:** Son aquellos efectos que se generan en el entorno o región como consecuencia del efecto multiplicador sobre la economía de los impactos directos.
- **Producción:** Se denomina producción a cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios.

Es esencial comprender cómo funcionan los procesos para poder asegurar la competitividad de una compañía. Un proceso que no embona con las necesidades de la empresa, le impondrá una sanción por cada uno de los minutos que esté operando.

## 2.1 Las actividades asociadas:

Unos procesos con frecuencia se afectan unas a otros, por lo cual es importante considerar el desempeño simultáneo de una serie de actividades que operan todas al mismo tiempo. Una forma aconsejable de empezar a analizar un proceso es haciendo un diagrama que muestre los elementos básicos de un proceso, por lo general, las tareas, los

flujos y las zonas de almacenamiento. En la Figura 5 se presentan a las tareas en forma de rectángulos, los flujos como flechas y el almacenamiento de bienes o de otros artículos como triángulos invertidos. A veces, los flujos que pasan por un proceso se dirigen en distintos sentidos, dependiendo de ciertas condiciones. Los puntos de decisión son representados como un diamante con diferentes flujos que salen de las puntas del diamante.

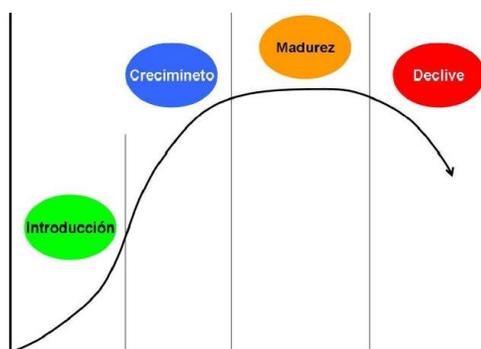


**Figura 5.** Símbolos de un Diagrama de Flujo. Fuente: Autores.

## 2.2 Ciclo de vida de un producto:

Para ser competitivo en un mercado globalizado se debe buscar incluir nuevos productos, estos asegurarán la rentabilidad de los inversionistas y la mantención de la empresa que debe estar a la vanguardia de las nuevas preferencias de los consumidores y de las estrategias que implante su competencia para acaparar el mercado. El presentar nuevos productos requieren de procesos meticulosos, ya que se debe constatar los gustos de los clientes, así como de llevarse a cabo las actividades de desarrollo, a la brevedad posible con eficiencia y eficacia.

En la Figura 6 se muestra, que un producto que no mantiene una constante innovación acaba por cumplir su ciclo de vida, por lo tanto, los proyectos para la creación de nuevos productos o nuevas tecnologías deben desarrollarse procurando emplear una cantidad mucho más pequeña de recursos por proyecto.



**Figura 6.** Ciclo de vida de un Producto. Fuente: Autores.

### 2.3 Control de inventarios en servicios:

El inventario es la parte crítica de una empresa, debido a que si los productos que se encuentran en tránsito o inmovilizado en un almacén es considerado como pérdida; análogamente. También se considera como pérdidas o mermas si al momento de producirse una venta los productos no estén disponible para su despacho. Entonces se puede definir que existe perdida por daños, robos o por una gestión no apropiada para obtener resultados deseados (Heizer, 2012, p. 62)

### 2.4 Costes de almacenamiento:

Mantener productos en almacenes o bodegas y que estos se mantengan a través del tiempo son considerados como el coste asociado a la posesión y mantenimiento de los inventarios, ya que se incurre en el uso de recursos adicionales. En la Tabla 3 se incluyen rubros como: los seguros, el personal extra, control y el pago de intereses.

Existen tipos de costes que hay que tener en cuenta para calcular los costes de almacenamiento.

**Tabla 3**

*Determinación de los costes de almacenamiento de los inventarios*

Categoría	Coste (y rango) como porcentaje Categoría del valor de inventario	
<b>Costes de edificio</b> (alquiler o depreciación del edificio, costes de operación, impuestos y seguros)	6%	(3-10%)
<b>Costes de manutención de materiales</b> (leasing o depreciación de los equipos, electricidad y costes operativos)	3%	(1-3,5%)
<b>Costes de mano de obra</b>	3%	(3-5%)
<b>Costes de inversión</b> (costes de los préstamos, impuestos y seguros del inventario)	11%	(6-24%)
<b>Hurtos, desechos y obsolescencia</b>	3%	(2-5%)
<b>Coste de almacenamiento total</b>	<b>26%</b>	

*Nota.* Todas las cifras son aproximadas y pueden variar sustancialmente dependiendo de la naturaleza del negocio, de la localización y de los tipos de interés vigentes. Cualquier coste de almacenamiento de menos del 15 por ciento resulta sospechoso puesto que los costes de almacenamiento de inventarios representan, aproximadamente el 40 por ciento del valor de los bienes en inventario. Autor.

## 2.5 El coste de preparación:

En la actualidad una buena estrategia para competir en un mercado que presenta variabilidad de productos a precios bajos, es realizando e implementando estudios que reduzcan los tiempos de preparación de una máquina o proceso para fabricar un pedido. Con este se pretende reducir los costes de lanzamiento. Existen procesos que requieren de un tiempo de preparación considerable, sin embargo, muchos fabricantes de clase mundial han incurrido en mejoras que han logrado que la preparación sea iniciada antes de parar la máquina o proceso. Como resultado de esta acción dicho proceso que requería de horas de preparación ahora sea realizado en menos de un minuto. (Pag 64 Heizer)

## 2.6 Los siete desperdicios:

De acuerdo con Lean Manufacturing ('producción ajustada', 'manufactura esbelta', 'producción limpia' o 'producción sin desperdicios') no puede haber desperdicios ya que estos no añaden valor al producto. Taiichi Ohno, identificó siete tipos de desperdicios.

Toda industria que genera o realiza una operación que no añade valor desde la perspectiva del cliente, se concluirá que no se trata de un desperdicio. A diferencia, si el cliente omite su elección, es decir no se realiza el trueque entre el producto y el valor monetario de adquisición, entonces si se considerará como un desperdicio. Los siete desperdicios de Ohno son:

1. **Sobreproducción:** producir más de lo que pide el consumidor o producirlo antes de tiempo (antes de que se pida) es un desperdicio. El inventario, de cualquier tipo, es normalmente un desperdicio.
2. **Esperas:** el tiempo inactivo, el almacenamiento y las esperas son desperdicios (no añaden valor).
3. **Transporte:** el traslado de materiales entre plantas, entre centros de trabajo (secciones) y manipular el material en más de una ocasión constituyen un desperdicio.
4. **Inventarios:** las materias primas, el trabajo en curso (WIP), los productos acabados innecesarios y un exceso de suministros para las operaciones no añaden valor.

5. **Movimiento:** el movimiento de equipos o personas que no añade valor es un desperdicio.
6. **Exceso de proceso:** el trabajo realizado en un producto que no añade valor es un desperdicio.
7. **Productos defectuosos:** las devoluciones, las reclamaciones por garantía, los trabajos de corrección de errores y los desechos son un desperdicio.

## **2.7 Diseño de Máquinas:**

La competitividad a nivel mundial va de manera creciente y gran velocidad. El diseño de máquinas que está construida por tecnología, métodos matemáticos, ciencia, etc. Son la clave para asegurar de forma directa la fuerza de trabajo mediante la mantención de la empresa en el mercado globalizado. Los desarrollos de nuevos diseños, máquinas, también deben asociarse con la responsabilidad social, la preservación de ecosistema y medio ambiente. Ecuador un país en vía de desarrollo que está trabajando en la preparación académica apropiada para la formación de profesionales con un nivel de capacitación cada vez más alto, que contribuyan al desarrollo del país. (Gutiérrez, 2013).

## **2.8 Proceso de diseño de máquinas:**

Para efectuar un correcto diseño previamente se debe incurrir a la recopilación de información necesaria que ayude a identificarlas, características tanto mecánicas como la capacidad de producción o la ejecución de una labor determinada. El proceso de diseño puede estar constituido por sistemas de transmisión y estructural. También puede incluir pasos para definir, elegir correctamente las dimensiones o seleccionar los materiales. Este último puede definirse mediante la aplicación métodos matemáticos.

### **2.8.1 Diseño de las partes**

Los diseños sirven para observar los mininos detalles que debemos considerar antes de proceder a la fabricación. Un cambio que se genere en el momento de hacer físico el diseño puede acarrear gran dificultad e inducirse a costos no contemplados en el alcance de un proyecto. El diseñar no solo puede definirse como la creación de un nuevo prototipo sino también para buscar mejoras necesarias cuyos efectos sean satisfacer las necesidades de sus creadores (Niebel).

En la Tabla 4 se enlistan puntos que se deben tomar en cuenta al momento de querer iniciar el desarrollo de un diseño, a diferencia que en la Tabla 5 se muestra la necesidad del uso de los formatos para mantener un registro apropiado del diseño.

**Tabla 4**  
*Pautas a considerarse para un diseño*

N°	<i>Recomendaciones</i>
1	Estos dos literales reducen los desperdicios resultado de procesamientos inadecuados, del transporte innecesario y del exceso de inventario
2	Reducir el número de partes mediante la simplificación del diseño. Reducir el número de operaciones y la distancia de los recorridos en el proceso de manufactura mediante la unión más eficiente de las partes y la simplificación del maquinado y del ensamblado.
3	Utilizar materiales de mejor calidad.
4	Ampliar las tolerancias y confiar en las operaciones clave para obtener precisión, en lugar de confiar en una serie de límites muy estrictos.
5	Realizar los diseños para mejorar la fabricación y el ensamblado.

*Nota.* Se muestran aspectos para mejorar el diseño con el fin de reducir el costo de cada componente y sub ensamble. Fuente: Autor.

**Tabla 5**  
*Flujo de Información y Mejoras para el Diseño de los Formatos*

N°	<i>Indicaciones</i>
1	Su diseño debe ser simple, lo que implica, entre otros aspectos, conservar la cantidad de información de entrada necesaria en un nivel mínimo.
2	Proporcionar suficiente espacio para cada bit de información para permitir su ingreso a través de varios métodos (escritura a mano, máquina, procesador de palabras).
3	La secuencia de la entrada de información se debe realizar a través de un patrón lógico.
4	El formato debe contar con un código de colores que facilite la distribución y el enrutamiento.
5	Limitar los formatos de computadora a una sola página.

*Nota.* Se presenta criterios para mejorar el desarrollo o diseño de los formatos (ya sea en papel o en formato digital) que se utilizan en la industria y en los negocios. Fuente: Autor.

### 2.8.2 Selección de Material:

Dependiendo de las características de un diseño se asume la elección del tipo de material, el cual, definirlo resulta muchas veces complejo debido a la gran variabilidad que existe en el mercado en cuanto a marcas y calidades. En la Tabla 6 se mencionan

algunas características a tomarse en cuenta para seleccionar el material adecuado para alguna aplicación industrial sin incidir en altos costos de fabricación.

**Tabla 6**

Características que deben considerarse en la selección de materiales

<i>Opciones</i>	<i>Características</i>
<b>1</b>	Buscar un material más ligero y menos costoso.
<b>2</b>	Buscar materiales que sean fáciles de procesar.
<b>3</b>	Utilizar materiales de manera más económica
<b>4</b>	Utilizar materiales recuperables.
<b>5</b>	Utilizar materiales y herramientas de manera más económica.
<b>6</b>	Estandarizar materiales.
<b>7</b>	Buscar al mejor proveedor desde el punto de vista del precio y de la disponibilidad.

*Nota.* Posibilidades que se presentan a continuación para obtener los materiales directos o indirectos que se utilizarán en un proceso. Fuente: Autor.

### CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se encuentra la metodología utilizada para proponer una solución viable y factible que le permita a la empresa objeto de estudio el retorno de la inversión puesta en los adoquines de rechazo que se encuentran en el patio de almacenamiento.

#### 3.1 Caracterización de un proceso.

La caracterización de un proceso cualquiera que sea su naturaleza puede ser mostrada mediante la utilización de flujos de procesos, los cuales resultan ser métodos que ayudan a evaluar los pasos o sub procesos a las cuáles están sometidas las materias primas, piezas y subensambles. Existen varias herramientas cuya finalidad es identificar de manera rápida una distorsión o anomalía que impide que el proceso sea llevado de manera eficiente, dichas herramientas pueden ser: “los planos de la pieza, gráficas de ensamble, hojas de ruta y gráficas de flujo del proceso” (Chase, 2014, p. 164).

Para la elaboración de un flujo de proceso de la planta objeto de estudio se utilizarán los símbolos se acotan en la figura 7.

Operacion	○
Inspeccion	□
Almacenaje	▽

**Figura 7.** Símbolos para elaborar flujogramas de procesos. Fuente: Autores.

#### 3.2 Capacidad de producción

De acuerdo a Chase (2014) la capacidad de un proceso hace referencia a la cantidad de bienes y servicios que este pueda generar en una unidad de tiempo. Esta estimación es importante para poder tomar decisiones de planificación de la producción.

Viveros y Salazar (2010) mencionan que la planificación de la producción en un enfoque clásico, se plantea de manera jerárquica en cuanto a sus decisiones y plazos involucrados, en el que se logra una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos

Específicamente, la estimación de la capacidad de una maquinaria permite tomar decisiones más certeras respecto al balance de las líneas de producción y a la planificación del volumen de producción adecuado para satisfacer la demanda esperada.

El término capacidad se refiere al volumen de producción que puede generar un sistema logrando la minimización del costo promedio por unidad. Una medida muy importante es el índice de utilización de la capacidad, el cual revela qué tan cerca se encuentra la empresa del mejor punto de operación:

$$\text{Índice de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor nivel de operación}}$$

### 3.2.1 Estimación de la demanda.

La estimación de la demanda de un producto se puede realizar a través de las herramientas de pronósticos existentes y su elección dependerá de la precisión que se desea obtener con un margen de error mínimo próximo a cero. A continuación, se describen los modelos de pronóstico a partir de series históricas de demanda que serán aplicados en este trabajo.

#### Promedio simple en el pronóstico de la demanda

Se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión.

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

#### Promedio Simple Ponderado en el pronóstico de la demanda

En este método podemos asignar cualquier importancia (peso) a cualquier dato del promedio (siempre que la sumatoria de las ponderaciones sean equivalentes al 100%).

$$F_{t+1} = w_1 D_t + w_2 D_{t-1} + \dots + w_n D_{t-n+1}$$

#### Suavizamiento exponencial simple en el pronóstico de la demanda.

Es la versión mejorada del método de promedio móvil ponderado, en éste caso se calcula el promedio de una serie de tiempo con un mecanismo de autocorrección que busca ajustar los pronósticos en dirección opuesta a las desviaciones del pasado mediante una corrección que se ve afectada por un coeficiente de suavización

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

### Suavizamiento exponencial doble en el pronóstico de la demanda.

Método que se abordan las series de tiempo en algunos casos es identificable que el comportamiento de un grupo de datos puede arrojar una tendencia clara e información que permita anticipar movimientos futuros.

$$FIT_t = F_t + T_t$$

$$F_{t+1} = FIT_t + \alpha(D_t - FIT_t)$$

$$F_{t+1} = T_t + \beta(F_{t+1} - FIT_t)$$

#### Nomenclatura

$\alpha$  y  $\beta$ : constantes de suavización

**FIT<sub>t</sub>**: Pronóstico incluida la tendencia para el período t

**F<sub>t+1</sub>**: Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t+1

**T<sub>t+1</sub>**: Tendencia suavizada exponencialmente para el período t+1

**D<sub>t</sub>**: Demanda real para el período t.

### Método regresión lineal en el pronóstico de la demanda.

Niebel (2008) define la regresión lineal como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas. Por lo general, la relación se desarrolla a partir de datos observados. La regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una línea recta.

El objetivo en este caso es encontrar una recta de regresión que minimice la suma de las desviaciones cuadráticas de los puntos de datos reales que están representados en la serie de tiempo.

#### Fórmulas

$$Y = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum X)^2}$$

#### Nomenclatura

**Y** = Variable dependiente calculada mediante la ecuación

**y** = El punto de datos de la variable dependiente real (utilizado abajo)

**a** = Secante Y

**b** = Pendiente de la recta

**x** = Período

**a** = Secante Y

**b** = Pendiente de la recta

$\bar{y}$  = Promedio de todas las y

$\bar{x}$  = Promedio de todas las x

**x** = Valor x de cada punto de datos

**y** = Valor y de cada punto de datos

**n** = Número de punto de datos

**Y** = Valor de la variable dependiente calculada con la ecuación de regresión

### Error de pronostico MAD

Evalúa el ajuste respecto a la información real que se dispone es decir básicamente mide la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado para un período específico.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Et|}{n}$$

### **Error de pronóstico BIAS**

Es un error sistemático en el cual la demanda real esta consistentemente arriba o debajo del pronóstico de la demanda.

$$BIAS = \frac{RSFE}{n}$$

### **3.3 Estudio de Tiempos en la Producción de Espacatos**

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo que consiste en medir el tiempo de una tarea de manera cuidadosa con un instrumento de medición apropiado, ajustado para cualquier variación observada en un esfuerzo o ritmo normal y así establecer el tiempo adecuado para piezas como elementos externos, retrasos inevitables o a causa de maquinaria, descanso para vencer la fatiga y necesidades personales. Este método es comúnmente usado cuando:

- Existen ciclos de trabajo repetitivos de corta o larga duración.
- Se desempeña una gran variedad de trabajo desigual.
- Cuando los elementos del proceso de control son parte del ciclo de trabajo.

#### **3.3.1 Requerimientos del estudio de tiempos.**

A continuación, se detallan requisitos previos que deben contemplar antes de realizar un estudio de tiempos.

- a) El operario debe estar completamente familiarizado con el proceso.
- b) El o los analistas deben comunicar al encargado del departamento y al operario que se estudiará el trabajo.
- c) Investigar la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio.
- d) El representante del personal debe asegurar que sólo se elijan operarios capacitados y competentes para dicho estudio.
- e) Existen ciclos de trabajo repetitivos de corta o larga duración.
- f) Se desempeña una gran variedad de trabajo desigual.
- g) Cuando los elementos del proceso de control son parte del ciclo de trabajo.

### 3.3.1.1 Equipos para el estudio de tiempos.

Entre los equipos necesarios para el estudio de tiempos se encuentran:

**El cronómetro electrónico;** es mucho más práctico. el cronómetro toma diferentes formas para medir con exactitud mediante sensores eléctricos y oscilador de cuarzo lo que le permite medir el intervalo de tiempo.

**Cámara videograbación;** apropiadas para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido para posteriormente estudiarla cuadro por cuadro, se pueden registrar los detalles exactos del método.

**Tablero Estudio de tiempos;** para anotar el estudio de tiempos y sostener el cronómetro. Las principales características que debe mantener este recurso es ser ligero, de manera que no se canse el brazo, ser fuerte y suficientemente duro para proporcionar el apoyo necesario para la forma de estudio de tiempos.

### 3.3.1.2 Método continuo en el estudio de tiempos.

Este método es fácil de aplicar, explicar y vender. Muestra claramente que no se dejaron tiempos fuera del estudio, y que se registraron todos los retrasos y elementos extraños. El método continuo también se adapta mejor a la medición y el registro de elementos muy cortos (Niebel, 2014, p. 337).

## 3.4 Investigación de datos para estudio de la demanda

Los datos pueden venir de diferentes fuentes, internas o externas. La búsqueda, el manejo y el análisis de los datos de ventas históricas puede dar una respuesta inmediata a la empresa en cuanto a su competitividad. Dependiendo de la fuente de los datos pueden generarse elevados costos de estudio por lo cual generalmente se sugiere iniciar con los datos internos ya que estos se encuentran disponibles dentro de la misma empresa. Pueden ser datos contables o, cartas de clientes o proveedores e informes de vendedores o encuestas del departamento de recursos humanos hasta, ventas de productos terminados. Existen dos tipos de datos: los primarios y los secundarios

**Datos primarios:** Son aquellos que se reúnen por primera vez ya que no existen por consiguiente su aplicación puede llegar a ser costosa y prolongada.

**Datos secundarios:** son aquellos que fueron acumulados para propósitos múltiples y esto se encuentran de una manera u otra disponible dentro de la empresa por consiguiente lo hacen fácil de localizar a bajo costo (Naresh, 2014).

A pesar que el uso de datos secundario es una aplicación antigua, en la actualidad aún sigue siendo un fuerte impulso como herramienta de inteligencia de negocios, debido a los siguientes literales:

- Se trata de una información de fácil acceso y económica.
- Sirve como punto de comparación de los resultados organizacionales con respecto al mercado.
- Sirve para enfocar y definir nuevos proyectos organizacionales.
- Permite la estimación de beneficios cuantitativos para los nuevos proyectos organizacionales
- Permite estimar comportamientos futuros del mercado basado en hechos y datos.
- Facilita la toma de decisiones estratégicas de las organizaciones.

### **3. 5 Diseño de maquinarias**

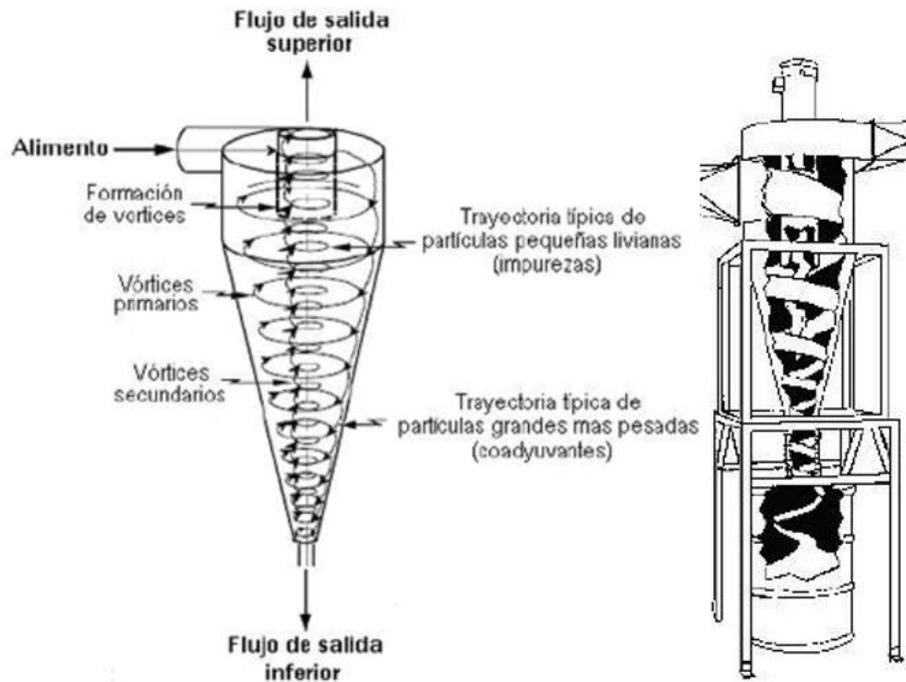
Las fabricaciones de máquinas se deben realizar con diseños que garanticen buenos niveles de prestaciones, manteniendo los costes de fabricación y funcionamiento adecuados, al mismo tiempo se debe garantizar la seguridad durabilidad y estética del producto (González, y Chuliá, 2016). El diseño de ciertas partes y/o piezas que al integrarse podrían dar como producto una máquina con elementos fundamentales para conseguir los objetivos esperados.

#### **3.5.1 Diseño de los Ciclones**

Los ciclones son utilizados para capturar partículas microscópicas de diámetros mayores de 5  $\mu\text{m}$  que se generan en determinados procesos. Se caracteriza por su bajo costo de aplicación y operación para en la captación de polvo, simplicidad al momento de su construcción. El tipo de material estará definido por la temperatura del gas que ingresará en el ciclón que puede ser hasta 1000°C. Existe familias de ciclones de entrada tangencial, como: de alta eficiencia, convencionales y de alta capacidad. Esta clasificación tiene proporciones definidas y su eficiencia estará basado a la selección. (Echeverri, 2012).

La eficiencia también depende del área y la fuerza centrífuga que se produce al interior del ciclón, donde los giros dependen de la velocidad de entrada, por lo contrario, a velocidades muy altas implica mayor consumo de energía y la resuspensión del material que se encuentran en el interior del ciclón provocando deficiencia del equipo.

En la Figura 8 se observa el principio de funcionamiento de los ciclones, donde el gas que ingresa forma un doble vórtice; en la parte externa se construye un espiral descendente y por el interior se genera de forma ascendente.



**Figura 8.** Ciclones de alta eficiencia para captación de polvo. Fuente: Autores.

### 3.5.2 Diseño de mesa transportadora para materiales con base regular.

Para el diseño de un equipo para transportar objetos se debe identificar qué tipo de productos o materiales se requiere trasladar. La Figura 9 muestra mesa transportadora para objetos con base regular, por ejemplo: cartones, cajas, tarros, envases, etc. En la Tabla 7 se muestra brevemente la clasificación de transportadores construidos con rodillos de diferentes aplicaciones.



**Figura 9.** Mesa transportadora de rodillos. Fuente: Autores.

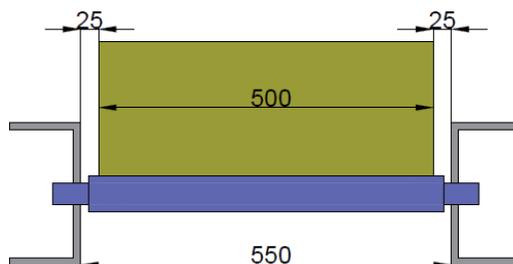
**Tabla 7**  
Clasificación de transportadores y rodillos

Tipos de transportadores de rodillos		Tipos de rodillos	
<b>Por gravedad</b>	La fuerza de gravedad provoca que el objeto se deslice entre los rodillos.	<b>Rodillos de impacto</b>	Reciben la carga en la cinta transportadora son de caucho absorben mejor el impacto.
<b>De rodillos por banda</b>	Son accionados por medio de una banda que los motoriza.	<b>Rodillos de carga</b>	Son los que transportan la carga a lo largo de la cinta transportadora.
<b>De rodillos accionados por cadena</b>	A través de una cadena se transmite el movimiento de rodillo a rodillo Ideal para el manejo de objetos de servicio pesados.	<b>Rodillos de retorno</b>	Van ubicados en la parte inferior de la estructura de la cinta transportadora.
<b>De rodillos para manejo de material a granel</b>	Gran capacidad de carga más de 200 Tn; menor costo para su mantenimiento		

*Nota.* Equipos únicamente para transporte de materiales con base regular. Fuente: Autor.

### 3.5.2.1 Ancho de mesa transportadora

El ancho apropiado de una mesa debe ser dos pulgadas más, distribuidos uniformemente entre los productos que se requieren transportar y el bastidor. A continuación, en la Figura 10 se muestra un ejemplo esquemático de las tolerancias enunciadas con anterioridad.



**Figura 10.** Ancho de mesa transportadora. Fuente: Autores.

### 3.5.2.2 Distribución de los rodillos en una mesa transportadora

Los rodillos deben ser ubicados de tal forma que la carga se encuentre soportada tres de ellos. En la Figura 11 se observa porque es importante acoger esta acotación al momento de instalar los rodillos en el bastidor de la mesa. A= Correcta; B= Incorrecta.



**Figura 11.** Instalación de rodillos en una mesa transportadora. Fuente: Autores.

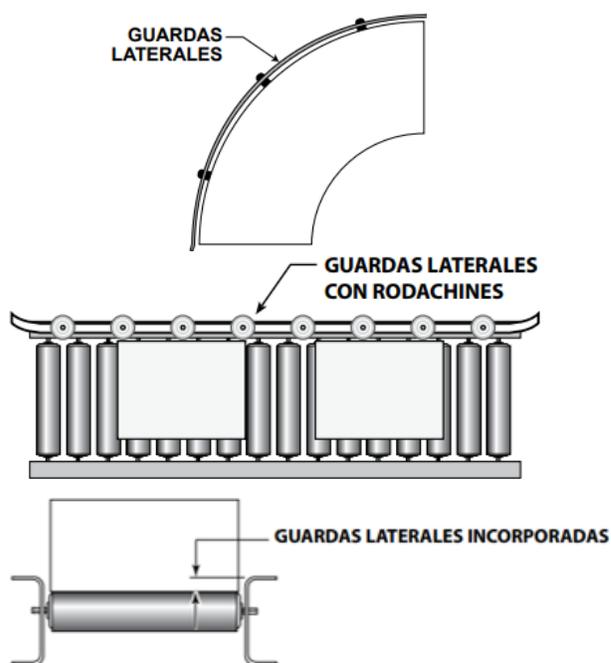
### 3.5.2.3 Guías laterales para una mesa transportadora.

Las guías laterales conocidas también como guardas cumplen un objetivo muy importante en un equipo de transporte como la mesa; es el de evitar el descarrilamiento no deseado del material. Existen diferentes modelos.

Guardas laterales con radio se utilizan para evitar que las cajas en movimiento se caigan del transportador.

Aplicable cuando son demasiadas cajas y estas exceden 20 libras de peso. Su propósito es evitar sobrecarga por fricción entre las cajas y las guías laterales.

Los rodillos van instalados en la parte inferior del canal del transportador es decir el canal del transportador es utilizado como guarda lateral.



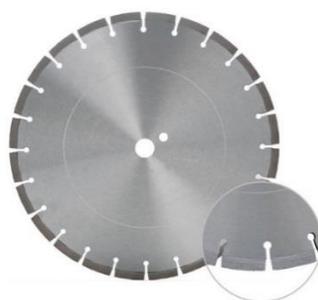
## 3.6 Aserrado con disco de diamante

Las herramientas diamantadas esta constituidas por un soporte, el cual generalmente es de acero y sobre él se fijan segmentos de dimensiones apropiadas. Estas herramientas de movimiento continuo pueden clasificarse como: los discos, hilos, sierra sin fin, y las herramientas de movimiento alternado: las lamas.

### 3.6.1 Estructura y características de un disco diamantado

En la Figura 12 se muestra un disco que está constituido por un alma de acero especial con ranuras a lo largo de su periferia formando dientes sobre esta alma se han soldado segmentos de concreción diamantada, el espesor de estos segmentos es ligeramente mayor que el espesor del alma de acero para permitir su introducción en la piedra los discos diamantados usados en la industria de la piedra se fabrican desde un diámetro de 200 a 3000mm su espesor esta dado a diámetro (Hallez,2013, p. 19).

Los dientes cumplen con la función de permitir la evacuación de barros de aserrado y de aumentar el enfriamiento en la zona de trabajo.



**Figura 12.** Discos diamantados. Fuente: Autores.

### 3.6.2 Máquinas de corte con discos diamantados

Las múltiples necesidades de obtener variabilidad de cortes han provocado la construcción de diferentes modelos de máquinas; entre ellas están las más simples como: las cortadoras de columna y las máquinas de puente. Esta última son más rígidas que la anterior, son de cabezal porta disco, se desplaza sobre una viga horizontal y el ajuste de la altura se puede efectuar por medio de la mesa (Hallez,2013, p. 21). En la Figura 13 se muestra una máquina con bastidor de aluminio, puente y de desplazamiento manual.



**Figura 13.** Mesa cortadora de bloque con puente de traslado. Fuente: Autores.

### 3.6.3 Máquinas de cortes paralelos con discos múltiples

En la Figura 14 se observa dos tipos de máquinas con diferentes cantidades de discos cuyas distancias pueden ser ajustables, con la finalidad de obtener cortes paralelos y en forma simultánea en una placa de piedra.



**Figura 14.** Máquinas multidisco de cortes. Fuente: Autor.

## 3.7 Aplicación de prensas hidráulicas

Las prensas son máquinas que pueden ser utilizadas para lograr una deformación permanente y cortar un determinado material mediante la aplicación de una fuerza. Están diseñadas bajo el principio de pascal. Sus variables como fuerza y velocidad son controladas durante el proceso, son equipos capaces de trabajar sobre los 70 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual permitir utilizarlas para trabajos muy duros como el acuñado de monedas o deformación de plomo. (Arroyo, Pérez, Rojas y Vargas, 2012). En la Figura 15 se muestra una prensa hidráulica de alta capacidad y con centralita de aceite incluida

### 3.7.1 Ventajas del uso de las prensas hidráulicas

La aplicación de las prensas hidráulicas en las líneas de producción tiene ventajas (Martínez, Rentería, Hernández y Sánchez, 2013) que a continuación se describen:

- ✓ Productivas en alimentaciones manuales
- ✓ Son más fiables, de ajustes y cambios rápidos de troquel
- ✓ Flexibilidad en muchas aplicaciones
- ✓ La fuerza total por toda la carrera
- ✓ Más capacidad menos costo
- ✓ Menos costo de compra
- ✓ Menos costo de mantenimiento
- ✓ Seguridad de sobrecarga incluido
- ✓ Más compactas

- ✓ Menos gastos de herramientas
- ✓ Menos ruido
- ✓ La seguridad (Si se usan de manera apropiada)



**Figura 15.** Prensa hidráulica de 200 Ton con centralita de aceite. Fuente: Autores.

### **3.8 Características para el diseño de máquinas.**

Dentro de un diseño existen características que se deben definir y cumplir para poder lograr la aceptación del producto con calidad por parte del consumidor. Estas características deben estar relacionadas directamente con su vida comercial, valor nutricional, características organolépticas, características físicas y propiedades mecánicas. Estas dos últimas son muy importantes para lograr una buena presentación y conservación, permitiendo definir el manejo más adecuado del producto a tratar. (Buitrago, López, Coronado y Osorno,2011).

#### **3.8.1 Características físicas para el diseño de máquinas.**

Un diseño debe contemplar la identificación de características físicas de un producto ya que mediante estas se pueden realizar las especificaciones de la máquina para cumplir con la cantidad de productos por parte del consumidor. También permite la ejecución de análisis del comportamiento del material.

#### **3.8.2 Características mecánicas para el diseño de máquinas.**

Las características mecánicas es el estudio de los materiales estructurales, hace referencia a la ductilidad que es la capacidad de soportar deformaciones previas a su ruptura, por lo contrario, si es frágil su deformación es pequeña antes de llegar al punto de ruptura.

Existen ensayos que permites identificar las características mecánicas como lo son:

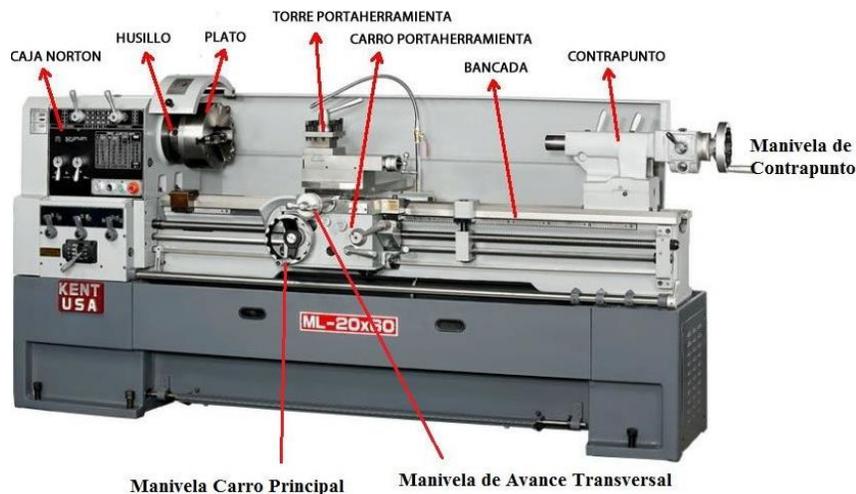
- **Ensayo de compresión uniaxial:** Determina la resistencia a la compresión (N m<sup>2</sup>) del material; su importancia radica en que los daños mecánicos en un material biológico son producto de cargas (Mohsenin, 1970).
- **Ensayo de corte:** el corte de un material de origen biológico es un proceso muy común para el procesamiento de materia prima para el área industrial. Permite conocer la estructura y las propiedades del material para entender su comportamiento cuando es sometido a este tipo de pruebas.
- **Ensayo coeficiente de fricción:** el coeficiente de fricción permite para conocer las pérdidas de potencia debida a la fricción en máquinas transportadoras, para tener criterio de diseño de máquinas y lograr el mínimo de daño mecánico (Lozano, 2002).

### 3.9 Estructura de una máquina

La Figura 16 muestra un torno universal construido para la producción de piezas mecánicas de alta precisión, que se logran obtener por medio de los componentes que la integran.

Dentro de un diseño existen tres grandes teorías como: máquina, mecanismo y estructura (Shigley, Uicker, Pérez, y Contín, 2014).

- **Máquina:** es una combinación de elementos resistentes por medio de los cuales las fuerzas mecánicas de la naturaleza se pueden encauzar para realizar un trabajo acompañado de movimientos determinados.
- **Mecanismo:** es una combinación de cuerpos resistentes conectados por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo, y cuyo propósito es transformar el movimiento.
- **Estructura:** es una combinación de cuerpos resistentes conectados por medio de articulaciones, pero su objeto no es ni realizar trabajo, ni movimiento, sino que es rígida e inmóvil.



**Figura 16.** Partes de un torno universal. Fuente: Autores.

*Nota.* El torno es una máquina de proceso para la de confección de piezas mecánicas, tiene mecanismos de movimientos, rotación, traslación, etcétera y una estructura robusta y de precisión para cumplir con los objetivos por la cual fue construida.

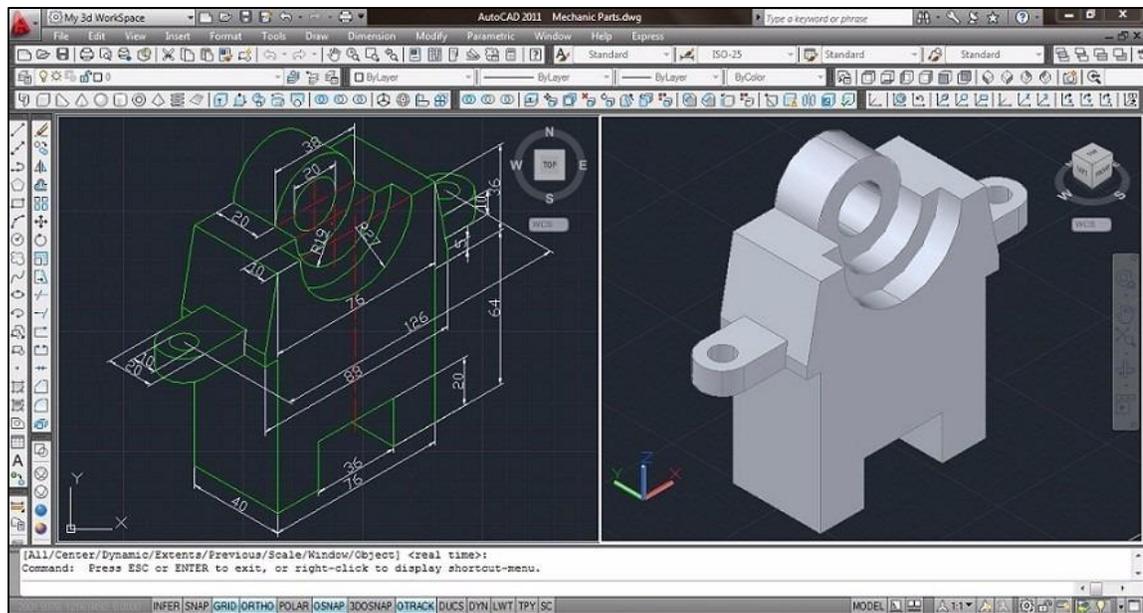
### 3.10 Modelado de una máquina mediante CAD

Benavides, Salinas, Orellana y Ochoa (2014), señalan que, a nivel internacional en la actualidad la aplicación de diseños asistidos por computadoras (Computer Aided Design CAD) como: SolidWorks y AutoCad, permiten obtener algunos resultados de diseño debido a sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos o la recreación de imágenes en 3D; y que es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

#### 3.10.1 Delineación de los planos en 2D

Previo al inicio a dibujar en AutoCAD debe considerarse las unidades en las que se va a dibujar. Esto se debe a que por efecto AutoCAD trabaja en milímetros. Son bases importantes para llevar el dibujo en 3D, el cual a través de La barra de herramientas Sólidos permite aportar a los distintos elementos una textura de sólido (Gómez, Fernando y Pérez, 2013).

La Figura 17 muestra la pantalla principal del AutoCAD, donde se visualiza el conjunto de herramientas para lograr el dibujado de piezas en vista plana e isométrica, como la que se observa en la misma pantalla.



**Figura 17.** Vistas 2D y 3D de AUTOCAD. Fuente: Gomez, Fernando y Perez (2013).  
*Nota.* Pieza mecánica para la fijación de rodillo conductor de una banda transportadora.

La aplicación de este software en un diseño es importante ya que ayuda a verificar que las medidas levantadas o calculas sean las correctas y estas puedan ser aplicables para posteriormente construir la máquina para producir espacatos.

### 3.11 Estructura de desglose del Trabajo (EDT).

Es muy importante que un proyecto se inicie con la aplicación de esta herramienta ya que a través de ella se pueden alcanzar los objetivos planteados, se puede medir el desempeño en términos de presupuesto.

El proyecto se lo puede dividir en subtareas para mostrar mayor sentido o su vez en paquetes de trabajos que es un grupo de actividades combinadas. También ayuda a definir y dar a conocer la jerarquía de las tareas, las subtareas y los paquetes de trabajo del proyecto.

La EDT es una herramienta muy importante porque ayuda a organizar un proyecto mediante la división de partes manejables y sus niveles dependerán del tamaño del mismo. En un proyecto la construcción de una EDT debe seguir los siguientes pasos:

**Paso # 1** consiste en construir la Estructura de desglose del producto (EDP) cuyo objetivo principal es presenta un resumen general del proyecto, por consiguiente, muestra sus partes dirigido a los entregable, dependiendo su naturaleza puede ser algo físico o tangible.

**Paso # 2** Estructurar la EDT mediante la siguiente organización:

- a) Orientada a los entregables.
- b) Orientada a las fases.
- c) Orientada a funciones.

**Paso # 3** Iniciar la segmentación del trabajo partiendo desde los componentes hacia los subcomponentes. El obviar un paso ocasionaría contratiempos e incrementos en los costos estimados y aprobados.

**Paso # 4** Crear y asignar códigos de identificación a los componentes de la EDT.

**Paso # 5** Desarrollar el diccionario de la EDT para brindar una descripción más detallada de los componentes e incorporando a los paquetes de trabajo.

### **3.12 Análisis financiero de un proyecto**

El análisis financiero como clave principal de inversión. Para la consignación de información puede extraerse de varias fuentes, como por ejemplo estimaciones de ventas futuras, costos, inversiones a realizar, estudios de mercado, de demanda, costos laborales, costos de financiamiento, estructura impositiva, etc.

Un proyecto viable está íntimamente ligado con su rentabilidad. Hablamos de rentabilidad a largo plazo, dado que la viabilidad no necesariamente implica que siempre sea rentable. Esto se debe a que existen períodos de tiempos en los que las empresas no son rentables, por consiguiente, se deben incurrir a costos que otorgan beneficios en el futuro, como la publicidad, costos de organización, compra de stock de materiales, etc. EL estudio financiero deberá establecer si la empresa será capaz de sortear los períodos de rentabilidad negativa sin incurrir en cesación de pagos, además de estimar en qué momento la rentabilidad será positiva. (Anzil, 2012)

#### **3.12.1 Evaluación económica de un proyecto**

Existen herramientas que aportan a una evaluación económica a través del cálculo del valor del dinero a través del tiempo. Estas son utilizadas para determinar la rentabilidad de un proyecto y en consecuencia, su factibilidad desde el punto de vista económico. Los indicadores de rentabilidad más utilizados con este propósito son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

### 3.12.1.1 Valor actual neto

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. Para esto se tiene en cuenta un horizonte temporal que parte de la fase de ejecución (donde se realizan la mayor cantidad de inversiones del proyecto) pasando por la etapa de operación o explotación del entregable principal y concluye en la etapa de desinversión o liquidación. Cuando El VAN es mayor que cero se garantiza que los ingresos que generará el proyecto permitirán cubrir la inversión inicial y además, obtener ganancias. Entre varios proyectos mutuamente excluyentes se debe seleccionar aquella alternativa que tenga el mayor VAN. La fórmula para su cálculo se presenta a continuación.

$$VAN = -Vp + \frac{FNC}{(1+t)^1} + \frac{FNC}{(1+t)^2} + \dots + \frac{FNC}{(1+t)^n}$$

### 3.12.1.2 Tasa interna de retorno

Es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que hace que su Valor Actual Neto sea igual a cero. La TIR es la máxima tasa de descuento que puede asumir un proyecto para que sea rentable (Anzil, 2012). Los insumos para hallar la TIR son:

- ✓ El valor de inversión inicial.
- ✓ Flujo de caja neto proyectado.

Para conocer la TIR se aplica en la misma fórmula del VAN, pero asignando a la misma un valor cero.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Caracterización del proceso de producción de adoquines

A través de observación directa y entrevistas a los trabajadores de la empresa pudo identificarse que el proceso de producción de adoquines está caracterizado por cuatro operaciones, las mismas que se presentan en el flujograma de la Figura 18.



**Figura 18.** Flujo de proceso de adoquines. Fuente: Autor.

A continuación, se describen las características de cada una de las actividades mostradas en el flujograma anterior.

**Patio de almacenamiento de materia primas:** estructurado por tres galpones de 480 metros cuadrados cada uno y con cubierta para mantener seca la arcilla en época de lluvia. El tipo de almacenamiento actual es catalogado como: almacenaje al piso debido que la arcilla por sus características y dimensiones físicas no permiten ubicarlo en pallets.

**Molienda:** En este proceso la materia prima ingresa en su estado natural, es decir: de diferentes dimensiones y a través de máquinas trituradoras como el molino de martillo instalada con una capacidad de 7 m<sup>3</sup> por hora logran reducir en una relación de 2:30 el tamaño de la materia prima. En la Figura 19 se encuentra uno de los equipos utilizado para esta operación, el mismo que trabaja con un motor de 100 hp; 1170 rpm; 440 V; marca ASEA.



**Figura 19.** Molino primario de martillo para arcilla. Fuente: Autores.

**Extrusión:** Esta operación abarca dos pasos: primero la mezcla de las diferentes dosificaciones de materias primas, a través de un equipo que cuenta con un motor de 100hp; 1750 rpm; 460V; marca ALLEN BRADLEY. Como segundo paso esta la compactación de la arcilla que se logra por medio de un tornillo cónico que tiene un motor de 100hp; 2000rpm; 460V; marca RELIANCE ELECTRONIC. Las diferentes medidas y formas se obtienen de acuerdo a la boquilla que se instale a la salida del tornillo. En la Figura 20 se observa el equipo de extrusión utilizado en la empresa objeto de estudio.



**Figura 20.** Extrusora para compactación de arcilla. Fuente: Autor.

**Pre-secado:** En este proceso los productos que sale de la extrusora se ubican en pallets y se lo ubican en los patios para que la humedad existente se disipe a temperatura ambiente, este proceso tarda una semana. El obviar este paso provoca que al momento de producirse la cocción el producto se parte y por consiguiente sea considerado rechazado.

**Cocción:** El producto se ubica de forma manual en vagones para posteriormente ser ingresados al horno donde a través de una rampa de temperatura que inicia de 40°C hasta 1110°C en 12 horas para posteriormente volver a la temperatura inicial con la misma rampa, es decir este proceso de cocido tarda 24 horas.

**Patio de almacenamiento productos terminados:** el producto cocido se ubica en pallets, a esta acción se la conoce como: apilamiento ordenado. Luego se transporta y se colocan en los patios de producto terminado a la disposición del consumidor.

La empresa objeto de estudio opera los 360 días del año. Se rige bajo rutas de producción donde se detallan las directrices para cada departamento, siendo el de calidad el encargado de observar, verificar y comprobar que las características de los productos terminados cumplan con los requisitos de conformidad.

En la Tabla 8 se muestra la producción de adoquines obtenidas en la semana 24 del año 2017 a modo de ejemplo. Como puede observarse, la empresa clasifica sus adoquines en tres calidades A, B y C, siendo la categoría A la única que cumple con las especificaciones de los clientes y pueden comercializarse. Los adoquines que se clasifican en las categorías B y C son considerados como merma.

**Tabla 8**

*Clasificación de Adoquines dependiendo su calidad. Semana #24 del 2017*

Junio	Producto	HORNO CATANIA		VAGONES DESCARGADOS (Cantidad 32unidades)		DESCARGA PRODUCTOS (Clases)							
		Peso Kg.	PVP UNIT.	CARGA (unidad)	A	%	P.V.P.	B	%	P.V.P.	C	%	P.V.P.
08	ADOQUIN 04 X 10 X 21 centímetros	2,5	0,4	4560	3990	88	1522	545	12	208	25	1	10
09		2,5	0,4	3420	3420	100	1304	0	0	0	0	0	0
10		2,0	0,3	7680	3180	41	1076	4377	57	1481	123	2	42
11		2,5	0,4	3588	3420	95	1304	160	4	61	8	0	3
12		2,5	0,4	1710	1710	100	652	0	0	0	0	0	0
13		2,5	0,4	8180	8180	100	3119	0	0	0	0	0	0
14		2,5	0,4	13480	8550	63	3261	4800	36	1830	130	1	50
<b>Total</b>				<b>42618</b>	<b>32450</b>	<b>76</b>	<b>12238</b>	<b>9882</b>	<b>23</b>	<b>3581</b>	<b>286</b>	<b>1</b>	<b>104</b>

*Nota:* Clase "A" de primera calidad, Clase "B" de segunda, Clase "C" de tercera y los costos de productos. Kg= Kilogramos, Unid= Unidades, TN= Tonelada. Fuente: Autor.

En la Tabla 10 se muestran los valores monetarios que representan cada una de las calidades obtenidas en la semana 24.

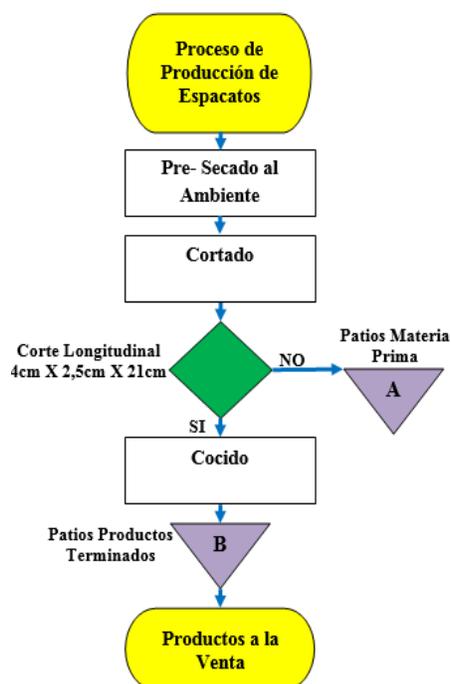
**Tabla 9**

*Valor monetario total estimado por clase de productos*

<i>Clase</i>	<i>Valor</i>
<b>A</b>	\$ 12238
<b>B</b>	\$ 3581
<b>C</b>	\$ 103,8
<b>Total</b>	<b>\$ 15922,8</b>
<b>Merma (B+C)</b>	<b>\$ 3684,8</b>
<b>Ganancia (Total-Merma)</b>	<b>\$ 12238,0</b>

#### 4.2 Flujo de proceso de producción de espacatos

El proceso de espacatos en la actualidad parte desde la operación de pre-secado. El diagrama de proceso que se presenta en la Figura 21 ayuda a comprender de una manera general su proceso de producción.



**Figura 21.** Flujo de Proceso de Espacatos. Fuente: Autor.

**Cortado:** Actualmente existe cinco maquinas cortadoras rudimentarias en las cuales cada operador toma los adoquines de los pallets para posteriormente ubicarlos entre las cuchillas de las máquinas y a través de una prensa gata hidráulica manual realizan el

corte por cizallamiento obteniéndose cuatro pedazos de 4cm de alto x 10 cm de ancho x 21 cm de longitud. El cumplir con este objetivo, es decir, si se presentan roturas transversales el material será rechazado y transportado a los patios de almacenamiento para ser nuevamente reprocessados.

**Cocción:** esta operación es el mismo que se aplica para el cocido de los adoquines.

**Patio de almacenamiento productos terminados:** luego del proceso de cocido los espacatos son embalados y puesto en los patios de almacenamiento de productos terminados para su venta, la cual se realiza por metro cuadrado.

### **4.3 Caracterización de la producción de espacatos a partir del uso de adoquines de rechazo**

El diseño propuesto a la empresa objeto de estudio radica en que la producción de espacatos partirá del uso de adoquines de rechazo que se encuentra en el patio de almacenamiento.

Como primer paso estos adoquines serían transportados en pallets hasta donde se encontraría la máquina para posteriormente ser colocados por unidad en la banda transportadora y a través de un sensor se accionaria el pistón, dirigiendo el adoquín hacia los discos diamantados cuya función principal es marcar la guía de corte en la parte superior e inferior además de dar uniformidad en las caras para que al momento de producirse el corte filete el material no se parta en secciones no deseadas(Transversales).

El punto donde se ubican los discos diamantados se instalarían campanas extractoras para capturar el polvo que se generaría cuando se estén realizando las guías a los adoquines. Por medio de un succionador interconectado con las campanas extractoras y un ciclón, se logrará la captación y decantación de las partículas en suspensión. Con esto se pretende que el proceso sea amigable con los operarios y con el medio ambiente.

Cursado este paso el adoquín es dirigido hacia las cuchillas de corte y a través de un sensor el avance del mismo se detendrá cuando el material este ubicado en el punto de corte para seguido enviar a accionar el pistón hidráulico, donde le embolo se desplazará hasta conseguir que se produzca el corte por cizallamiento, para luego retornar a su punto de partida y mandar la señal de avance para el siguiente adoquín.

Las tres cuchillas se encuentran instaladas y separadas entre sí, a 2.5 centímetros, lo que significa que de cada adoquín se obtendrían 4 unidades de espacatos de 4cm de alto x 2,5 cm de ancho x 21en condiciones ideales. Producido el corte el material se depositará en una bandeja para que le operario pueda coger el producto y embalarlo acorde a los alineamientos de producción.

Este producto finalmente sería pale tizado y transportado al área de almacenamiento para las respectivas inspecciones de calidad.

Este diseño de máquina es completamente desarrollada por el autor, el cual ha considerado varios puntos como:

- De fácil operación y mantenimiento
- Definir los mecanismos necesarios para minimizar que el adoquín cocido se fracture en partes no deseadas (Cortes transversales).
- Que brinda las seguridades respectivas al operario.
- Precautelar el cuidado al medio ambiente.

#### **4.4 Estimación de la demanda de los espacatos**

Los datos de ventas históricas de espacatos entre octubre del 2016 y agosto del 2017 fueron la base de cálculo para la estimación de la demanda de espacatos para septiembre del 2017 y fueron facilitados por el departamento de ventas de la empresa.

Para pronosticar la demanda de espacatos para septiembre del 2017 se aplicaron los modelos de series históricas que se presentaron en el capítulo anterior. Los valores de pronóstico resultantes en cada caso se pueden observar en la Tabla 11. Una vez aplicados estos modelos aquellos parámetros que minimizaron las medidas de error (BIAS, MAD) se presentan en la Tabla 11.

De acuerdo a lo anterior, el modelo de regresión lineal se ajusta mejor a los datos del pasado, pues proporciona las medidas de error (BIAS y MAD) más cercanas a cero. Esto implica que el modelo es confiable para futuras estimaciones de la demanda. En tal sentido, el pronóstico de la demanda de espacatos para septiembre del 2017 es de 87.376 espacatos.

#### **4.5 Estimación de la capacidad de máquina para producir espacatos**

Conocido el modelo de pronóstico que puede aplicar la empresa para estimar la demanda futura de espacatos se considera como otro punto importante el estudio de tiempo, por motivo que en la actualidad la producción del mismo se ejecuta de manera artesanal. En la Tabla 12 se puede observar que los operarios realizan cuatro maniobras antes de obtener el producto deseado. Este dato servirá para calcular las cantidades producidas por un operario durante su jornada de trabajo.

**Tabla 10***Calculo del pronóstico de la demanda de espacatos para septiembre de 2017*

Mes	Dt (Unds.)	Prom. Móvil		Prom. Móvil ponderado		Suavizamiento exp. simple		Suavizamiento o exp. doble		Regresión lineal	
		F <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	FIT <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>
Oct.	57600	N/A	N/A	N/A	N/A	67000	-9400	67400	-9800	49553	8047
Nov.	76800	N/A	N/A	N/A	N/A	66060	10740	60450	16350	52992	23808
Dic.	52800	N/A	N/A	N/A	N/A	67134	-14334	70663	-17863	56430	-3630
Ene.	64800	62400	2400	60960	3840	65701	-900,6	59303	5497	59869	4931
Feb.	72000	64800	7200	63600	8400	65611	6389,5	60998	11002	63307	8693
Mar.	67200	63200	4000	66000	1200	66249	950,51	68196	-996	66745	455
Abril	61000	68000	-7000	68160	-7160	66345	-5344,5	69146	-8146	70184	-9184
Mayo	60000	66733	-6733	65060	-5060	65810	-5810,1	64484	-4484	73622	-13622
Junio	74400	62733	11667	61740	12660	65229	9170,9	60532	13868	77061	-2661
Julio	62400	65133	-2733	67400	-5000	66146	-3746,2	69223	-6823	80499	-18099
Ago.	85200	65600	19600	65520	19680	65772	19428	65863	19337	83938	1262
Sept.		74000		76200		67714		80417		87376	
<b>MAD</b>		7667		7875		7838		10379		7581	
<b>BIAS</b>		3550		3750		649		1631		5,3·10 <sup>-12</sup>	

Fuente: Autor.

**Tabla 11***Parámetros de los modelos de pronóstico aplicados en la estimación de la demanda para 2017.*

Método	Valor
PMS	n= 3
PMP (Primer mes)	0,5
PMP (Segundo mes)	0,2
PMP (Tercer mes)	0,3
SES	ALFA= 0,4
SED	BETA=0,5

**Tabla 12***Estudio de tiempo de la producción actual de espacatos.*

HOJA DE OBSERVACION PARA UN ESTUDIO DE TIEMPOS															
Identificación de operación: Producción de espacatos															
Tiempo inicial: 11:30 AM				Operador # Manuel Gonzales						FECHA: 8 de Junio del 2017					
Tiempo final: 11:39AM															
Descripción de la tarea	Ciclos										Resumen				
	1 0.00	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma \bar{T}$	$\bar{F}$	ID	TN	
1 Instalación del adoquín en la prensa hidráulica (Preparar el uso de la gata hidráulica)	0,05	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,08	0,05	0,07	0,06	0,64	0,064	1,1	0,07	
	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02					
2 Presurizar gata hidráulica para corte del adoquín (Observar las cuchillas estén centradas)	0,07	0,69	0,82	0,75	0,09	0,78	0,84	0,79	0,85	0,09	5,77	0,577	0,9	0,519	
	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02					
3 Despresurizar gata hidráulica (Clasificar espacatos en mal estado)	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,34	0,034	1,2	0,041	
	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02					
4 Retirar los espacatos e instalar en la percha (Tomar el siguiente adoquín)	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,67	0,08	0,07	0,08	1,3	0,13	0,9	0,117	
	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05					

Minuto normal del ciclo: 0,748

Fuente: Autor.

El **Tiempo normal** es considerado como el tiempo que tardaría un operario en producir cuatro unidades. Para este producto se observa que el operario mantiene un índice de desempeño del 95%.

$$TN = TBX ID$$

$$TN = 0,784 \text{ Minutos} \times 0,95$$

$$TN = 0,710 \text{ Minutos}$$

El tiempo estándar nos sirve para realizar el cálculo de la producción obtenida durante un periodo determinado de trabajo, en el cual existe operaciones y movimientos necesarios que no son parte del parte del proceso. En la elaboración de espacatos podría nombrarse movimientos como: el cambio de cuchilla de corte o cambio de pallets con materiales para realizar ser procesados, para esto se ha estimado el 20%.

$$TE = \frac{\text{Tiempo de trabajo}}{1 - \text{Tolerancia}}$$

$$TE = \frac{0,748 \text{ Minutos}}{1 - 0,2} = 0,934 \text{ minutos}$$

A continuación, se muestra la cantidad de espacatos producidos durante 7 horas/día, seguido la cantidad producida durante el mes (no se cuentan los fines de semana) por las cinco maquinas artesanales con las que actualmente cuenta la empresa.

$$\frac{1 \text{ unidad}}{0,934 \text{ minutos}} = \frac{X \text{ unidades}}{60 \text{ minutos (1 hora)}}$$

$$X \text{ unidades/hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{0,934 \text{ minutos/unidad}}$$

**64 unidades/hora**

$$\text{Unidades/mes} = \frac{64}{1 \text{ hora}} \times \frac{7 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{25 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

**11.200 unidades/mes**

11.200 unidades/mes x 5 màquinas

**Producción total = 56.000 espacatos /mes**

Como puede observarse, la demanda esperada de espacatos es más alta que la capacidad de producción actual de la empresa mediante el método tradicional a partir de arcilla cruda. De tal forma, la máquina objeto de estudio en este proyecto se diseñará con una capacidad de 87.500 espacatos mensuales considerando un factor de seguridad de 1.5.

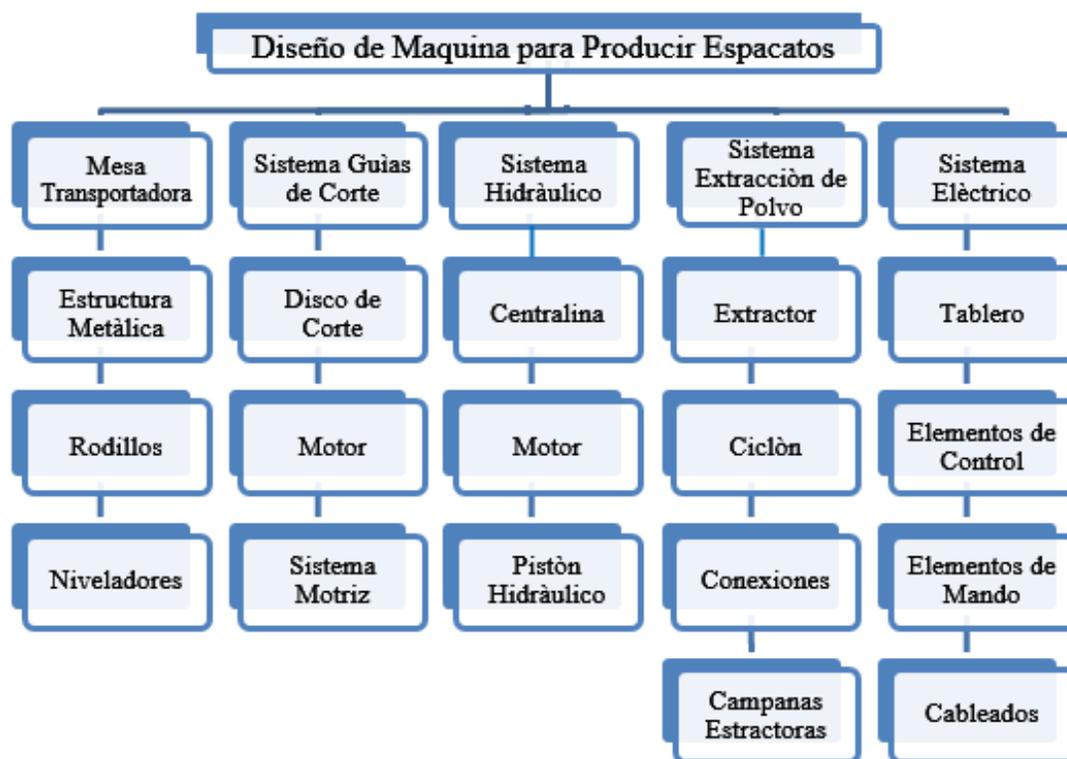
#### **4.6 Planificación del alcance. Estructura de Desglose del Trabajo.**

Dentro de un proyecto es de gran importancia definir los trabajos y entender su relación que conllevan a la culminación de un producto para poder optimizar al máximo los recursos (personas, equipos y materiales) en cada uno de los pasos, debido a que existen limitaciones en cuestión de recursos principalmente monetario de entrega del proyecto.

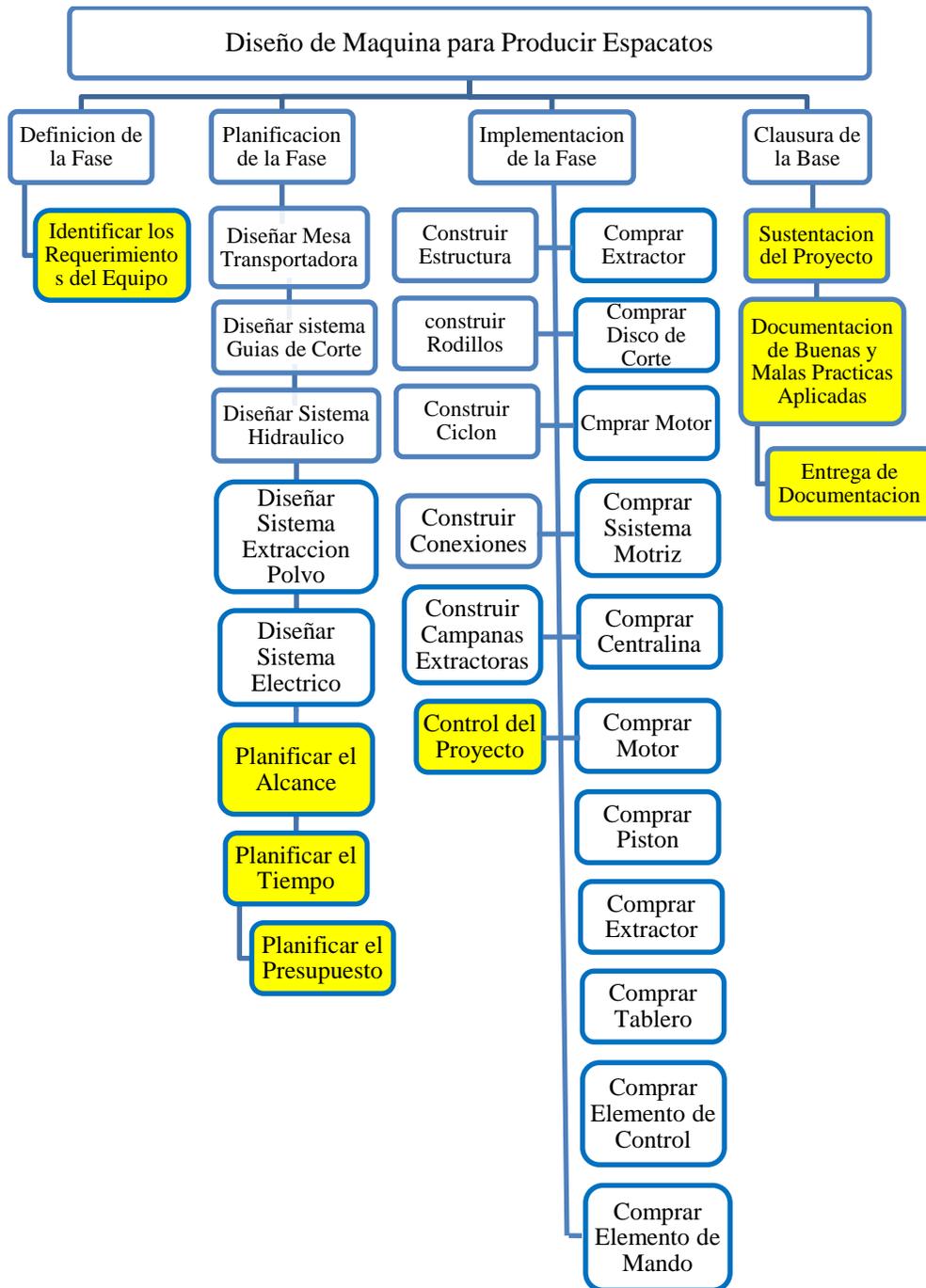
Un proyecto debe presentar una estructura organizada de fácil comprensión en cuestión de su alcance, mediante métodos o herramientas que ayudan a subdividir los trabajos, permitiendo visualizar y evaluar cada una de ellos para poder tomar decisiones que conlleven a que su manejo sea fácil hasta llegar a su culminación.

La estructura de desglose del trabajo (EDT) se realiza siguiendo los tres pasos que fueron indicados en el capítulo anterior. En la Figura 24 se encuentra la estructura de

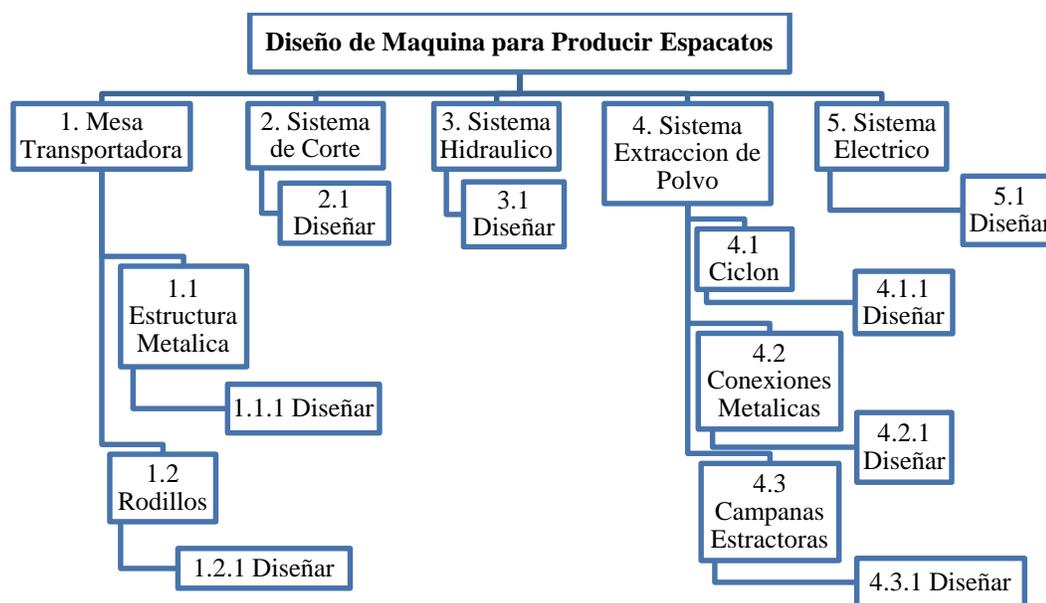
desglose del producto, primer paso para una EDT orientada a los entregables. En la Figura 25 se presenta la Estructura de desglose de trabajo orientado a las fases y finalmente en la Figura 26 la Estructura de desglose de trabajo orientado a los entregables.



**Figura 24.** Estructura de desglose del producto, primer paso para una EDT orientada a los entregables. Fuente: Autor.



**Figura 25.** Estructura de desglose de trabajo orientado a las fases. Fuente: Autor.



**Figura 26.** Estructura de desglose de trabajo orientado a los entregables. Fuente: Autor.

#### 4.7 Diseño de la máquina para producir espacatos.

El diseño de una máquina debe estar sujeta a cálculos previos para la construcción de las partes o piezas, ya que son esenciales para garantizar la vida útil de la máquina y la seguridad del operario.

##### 4.7.1 Diseño del ciclón.

Cuando los discos realizan las guías para el corte por cizallamiento, la polución que se genera puede alcanzar tamaños de hasta de 5 micras, por consiguiente y de acuerdo a las normas de emisión se requiere una eficiencia de separación del 80%.

En la Tabla 12 se muestra las variables del ciclón Staimand las cuales permitirán realizar los cálculos respectivos de cada una de las dimensiones necesarias para su construcción. Se selecciona este tipo de ciclón debido a que por su diseño puede alcanzar una eficiencia de captación de partículas hasta un 90% y su construcción no es compleja ni requiere de elevados costos de fabricación.

**Tabla 13***Características de un ciclón de alta capacidad.*

<b>Dimensión</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Tipo de ciclón Stairmand</b>
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1.0
Altura de entrada	a/Dc	0.5
Ancho de entrada	b/Dc	0.2
Altura de salida	S/Dc	0.5
Diámetro de salida	Ds/Dc	0.5
Altura parte cilíndrica	h/Dc	1.5
Altura parte cónica	z/Dc	2.5
Altura total del ciclón	H/Dc	4.0
Diámetro de salida de partículas	B/Dc	0.375

*Nota:* Variables predefinidas para cálculo de dimensiones de un ciclón de alta eficiencia. Fuente: Echeverri 2012.

Echeverri 2012, indica que, para efecto de diseños los cálculos del área de entrada de un ciclón de alta eficiencia, se puede considerar como mínimo un caudal de entrada de  $3.2\text{m}^3/\text{s}$  y una velocidad inicial de  $22\text{m/s}$ . Por lo tanto:

### Área del ducto de entrada

$$[1] \text{Área} = \frac{Q}{V_i} = \frac{3.2\text{m}^3/\text{s}}{22\text{m/s}} = 0.145 \text{ m}^2$$

$$[2] \text{Área del ducto de entrada} = a \times b$$

De acuerdo a los valores de las variables de la Tabla 13:

$$\text{Altura de entrada al ciclón (a): } a = 0.5Dc$$

$$\text{Ancho de entrada al ciclón (b): } b = 0.2Dc$$

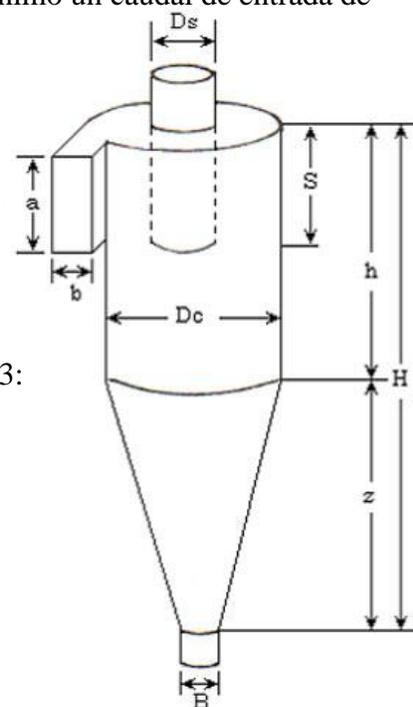
Igualando las ecuaciones [1] y [2]:

$$[3] 0.5\text{m}Dc \times 0.2\text{m} Dc = 0.145\text{m}^2$$

Para conocer el diámetro del ciclón despejando Dc de [3]

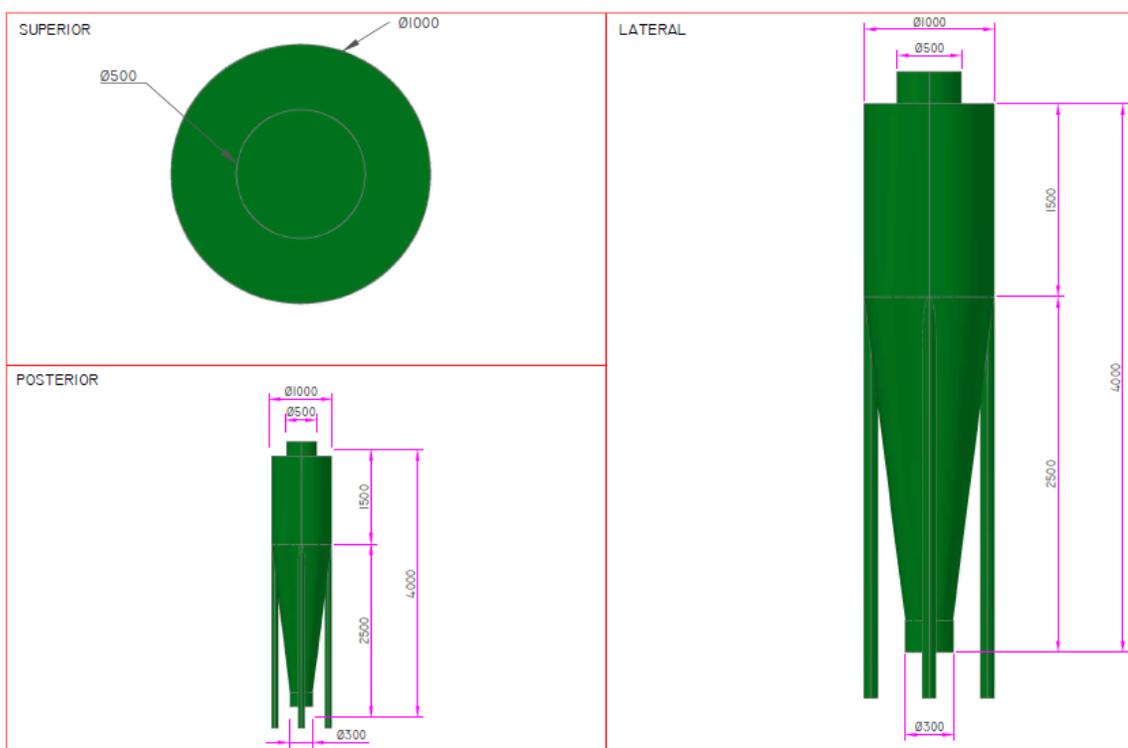
$$Dc = \sqrt{\frac{0.145\text{m}^2}{(0,5 \times 0,2)}} = 1.21\text{m}$$

Conocido **Dc** podemos calcular las siguientes dimensiones:



- Altura de entrada al ciclòn (a):**  $a = 0.5 D_c = 0.5 \times 1.21\text{m} = 0.6 \text{ m}$
- Ancho de entrada al ciclòn (b):**  $b = 0.2 D_c = 0.2 \times 1.21\text{m} = 0.24 \text{ m}$
- Altura de salida del ciclòn (S):**  $S = 0.5 D_c = 0.5 \times 1.21\text{m} = 0.24 \text{ m}$
- Diámetro de salida del ciclòn (Ds):**  $D_s = 0.5 D_c = 0.5 \times 1.21\text{m} = 0.6 \text{ m}$
- Altura de cilíndrica del ciclòn (h):**  $h = 1.5 D_c = 1.5 \times 1.21\text{m} = 1.81 \text{ m}$
- Altura total del ciclòn (H):**  $H = 4 D_c = 4 \times 1.21\text{m} = 4.84 \text{ m}$
- Altura parte cónica del ciclòn (z):**  $z = 2.5 D_c = 2.5 \times 1.21\text{m} = 3.02 \text{ m}$
- Diámetro salida del polvo (B):**  $B = 0.375 D_c = 0.375 \times 1.21\text{m} = 0.45 \text{ m}$

En la Figura 27 se presenta el plano realizado en AutoCAD con sus respectivas medidas y vistas de diseños.



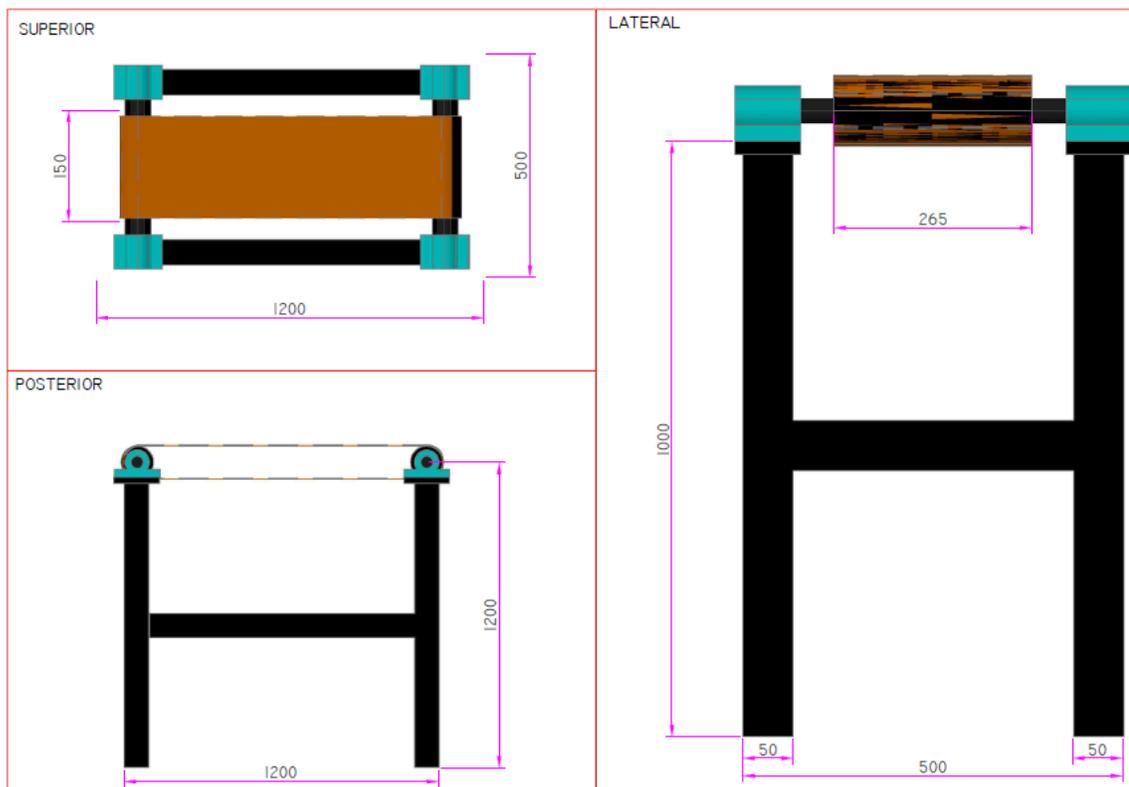
**Figura 27.** Plano esquemático del ciclòn de alta eficiencia. Fuente: Autor.

#### 4.7.2 Diseño de la mesa transportadora.

Para proceder al diseño de la mesa es necesario primeramente definir sus características como por ejemplo las que fueron enunciadas en el capítulo anterior, también se debe seleccionar los tipos de materiales ya que existen varios tipos de transportadores contruidos con diferentes materiales, elementos y/o componentes que son seleccionados acordes a los productos que se desea trasladar, en este proyecto serían adoquines de 4cm x 10cm x 21cm con un peso promedio de 2,5 kg.

Una de las características que identifica a esta mesa transportadora es que no requiere de mecanismo para producir el desplazamiento de los adoquines pues el diseño contempla la instalación de un pistón hidráulico que empuja al material hacia adelante uno a uno.

En la Figura 27 se presenta el plano realizado en AutoCAD con sus respectivas medidas y vistas de diseños, en este proyecto se seleccionó una mesa pequeña unidireccional de bajo costo, por consiguiente, contará con rodillos simples en sus extremos y una banda de caucho lona de 3/8" de espesor (4 capas) y su bastidor estará construido perfil de acero.



**Figura 28.** Plano esquemático de la mesa transportadora. Fuente: Autor.

El bastidor de la mesa será construido con tubo estructural cuadrado de hierro negro de 50mm y 4mm de espesor este material tiene un módulo de resistencia de  $9.54\text{cm}^3$ .

#### 4.7.3 Selección de pistones hidráulicos para la máquina de producir espacatos

Dentro del diseño de la máquina para producir espacatos se encuentra la instalación de dos pistones hidráulicos cuyas funciones son diferentes.

##### **Pistón hidráulico de empuje para de los adoquines.**

Este pistón estaría ubicado en un extremo de la mesa transportadora y será el encargado de producir el avance de los adoquines uno a uno hasta que se termine la operación de corte por cizallamiento. Para efecto de esta operación y de acuerdo a las especificaciones técnicas seleccionaremos la marca SMC y modelo CHDQB-20-300-D-A72-S cuyos datos técnicos se encuentran descritos en la Figura 12.

##### **Datos:**

Funcionamiento:	Doble efecto
Fluido:	Aceite SAE 10
Temperatura de trabajo:	35°C
Roscado extremo de vástago:	Rosca macho
Modelo de montaje:	Básico
Diámetro de eje:	20 mm
Carrera del vástago:	300 mm
Presión de Trabajo:	0.3 MPa



**Figura 29.** Cilindro hidráulico de baja presión. Fuente: SMC.

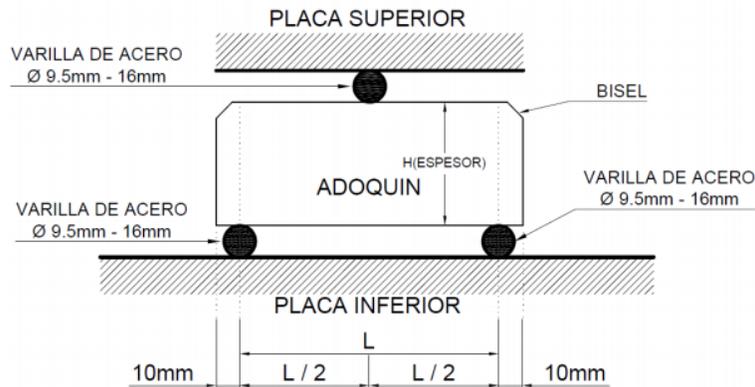
##### **Pistón hidráulico para corte por cizallamiento a los adoquines.**

Para seleccionar las características apropiadas para realizar el corte por cizallamiento se debe conocer el módulo de ruptura, método con el cual se obtendrá la presión máxima que soportan los adoquines antes de romperse. De acuerdo a la norma COGUANOR NTG 41068 (2012). Adoquines para pavimentos.

Luego de haber sumergido el adoquín por 25 horas antes del ensayo, se lo ubicó en una malla metálica con aberturas de mínimo 9.5 mm y finalmente con un paño se retira el remanente de agua que quedo en la parte superficial.

La Figura 30 muestra la forma correcta de ubicar el adoquín sobre una viga de apoyo simple con barras lisas de acero, cuya longitud es igual o mayor que el ancho respectivo

del adoquín, más la aplicación de una carga uniformemente distribuida sobre la superficie de desgaste y a razón de una velocidad que produzca un aumento en el esfuerzo hasta 4903 N (parámetro ajustado en la máquina de ensayo) se obtendrá el módulo de ruptura.



**Figura 30.** Ensayo destructivo del adoquín. Fuente: COGUANOR 2012.

De acuerdo a la Norma COGUANOR el módulo de ruptura debe calcularse con la siguiente fórmula:

$$\text{Módulo de Ruptura} = \frac{3PL}{2BH^2}$$

$$MR = \frac{3 \times 4903N \times 190mm}{2 \times 100mm \times (40mm)^2}$$

$$MR = \frac{2794710N}{320000mm^2}$$

$$MR = 8.73 MPa$$

#### Nomenclatura

**MR** = Módulo de ruptura (MPa)

**P** = Carga máxima aplicada (4903N)

**L** = Distancia entre los ejes de los apoyos (mm).

**B** = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito (mm).

**H** = Espesor del adoquín (mm)

Con este valor de 8.73 MPa se podrá definir cuál es la presión de trabajo que debe cumplir el pistón hidráulico para realizar el proceso de corte. De acuerdo a las especificaciones técnicas enunciadas seleccionaremos de la marca SMC y modelo CHDKD-B-50-TN-50-M-A93-S que se muestra en la Figura 31 Las características de este cilindro hidráulico son las siguientes:

**Datos:**

Funcionamiento:	Doble efecto
Fluido:	Aceite SAE 10
Temperatura de trabajo:	35°C
Roscado extremo de vástago:	Rosca macho
Modelo de montaje:	Básico
Diámetro de eje:	50 mm
Carrera del vástago:	10 mm
Presión de Trabajo:	15 MPa



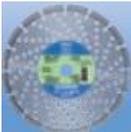
**Figura 31.** Cilindro hidráulico de alta presión. Fuente: SMC.

#### 4.7.4 Selección de discos diamantados

En la actualidad existen un sin número de discos diamantados para diferentes aplicaciones y su selección depende del tipo de trabajo de material a cortar y los resultados que se desean obtener. En la Tabla 13 se presentan tres modelos de discos, además de describirse especificaciones técnicas y aplicaciones de uso de la construcción.

**Tabla 14**

*Modelos y aplicaciones de discos diamantados.*

Modelo	Dia. disco (mm)	Ancho Seg. (mm)	rpm	W (Kg.)	Aplicación	Característica	Imagen
DS	115	2,4	13300	0,11	Hormigón lavado, hormigón armado, ladrillo recocido, piedra natural	Herramienta especial de banda continua de gran potencia corte de materiales macizos	
	-	-	-	-			
DS WISPER PLUS	178	2,8	8500	0,42	Hormigón lavado, hormigón armado, ladrillo, piedra natural	Herramienta especial innovadora, potente para el corte de material macizo. El alma de acero reduce sensiblemente ruido y vibraciones.	
	-	-	-	-			
DS FAST	178	2,2	8500	0,3	Hormigón lavado, hormigón armado, ladrillo, piedra natural	Herramienta especial potente para el corte de material macizo. Este disco de corte de diamante especial posibilita los tiempos de corte más cortos con reducida formación de polvo.	
	-	-	-	-			
	230	2,4	6600	0,5			

**Nota:** Fuente: Cia. PFRED.

De acuerdo a las aplicaciones y características que requiere el diseño del sistema de guías se seleccionará el disco diamantado de la marca PFRED modelo DS FAST de diámetro de disco 230mm y con una velocidad máxima velocidad de trabajo 6600rpm.

#### **4.7.5 Calculo de potencia del motor eléctrico para el sistema de guías.**

Es necesario realizar el cálculo de la potencia del motor, requerida para el sistema de guías ya que una selección inapropiada puede ocasionar daños prematuros en la máquina y ocasionar gastos adicionales. Para efecto de cálculo de la potencia el rendimiento del motor será de 85%.

Para evitar el desgaste acelerado en los discos diamantados y minimizar la generación de polvo al momento de realizar los cortes en los adoquines, se considera que las revoluciones del motor serán de 1750 rpm. Se calculará la velocidad angular del sistema, seguido de la velocidad. El radio de la polea utilizada en el sistema es de 0.1 metro.

$$\omega = 1750 \text{ rpm} * \frac{2\pi}{60} = 183,26 \text{ Rad/s}$$

$$v = w * r$$

$$v = 183,26 \frac{\text{Rad}}{\text{s}} * 0.1 \text{ m}$$

$$v = 18,33 \text{ m/s}$$

Como dato principal también es importante conocer las masas que se encontraran en movimiento para poder calcular el peso total del sistema en rotación.

#### ***Masa total del movimiento***

$$m_T = \text{Discos} + \text{Poleas} + \text{Ejes}$$

$$m_T = 3 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 1 \text{ kg}$$

$$m_T = 6 \text{ kg}$$

#### ***Peso total***

$$W = 6 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 58.8 \text{ N}$$

Con estos resultados obtenidos podemos decir que la potencia teórica necesaria para el sistema de corte es de:

### Potencia teórica

$$P_t = \frac{W * v}{1000}$$

$$P_t = \frac{58.8N * 18.33 \frac{m}{s}}{1000}$$

$$P_t = 1.078 Kw$$

Como elementos de transmisión el sistema de guías utiliza banda y poleas, se tomará el valor correspondiente de eficiencia que se encuentra en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Eficiencias mecánicas para equipos reductores de velocidad.*

Tipos de reducción	Eficiencia (%)
Poleas y bandas en V	94%
Catalina y cadena de rodillos	93%
Catalina y cadena de rodillos, lubricados en aceite	95%
Reductor de engranes helicoidales, con una reducción	95%
Reductor de engranes helicoidales, con doble reducción	94%
Reductor de engranes helicoidales, con triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin-fin(ratio 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin-fin(ratio 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin-fin(ratio 20:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranes rectos (maquinados)	90%
Reductor de engranes rectos (fundidos)	85%

*Nota:* Fuente: Autores

$$P_m = \frac{P_t}{\eta * \varepsilon}$$

$$P_m = \frac{1.078 Kw}{0.85 * 0.94}$$

$$P_m = 1.35 Kw$$

$$P_m = \frac{1.35 Kw}{746} * 1000$$

$$P_m = 1.8 HP$$

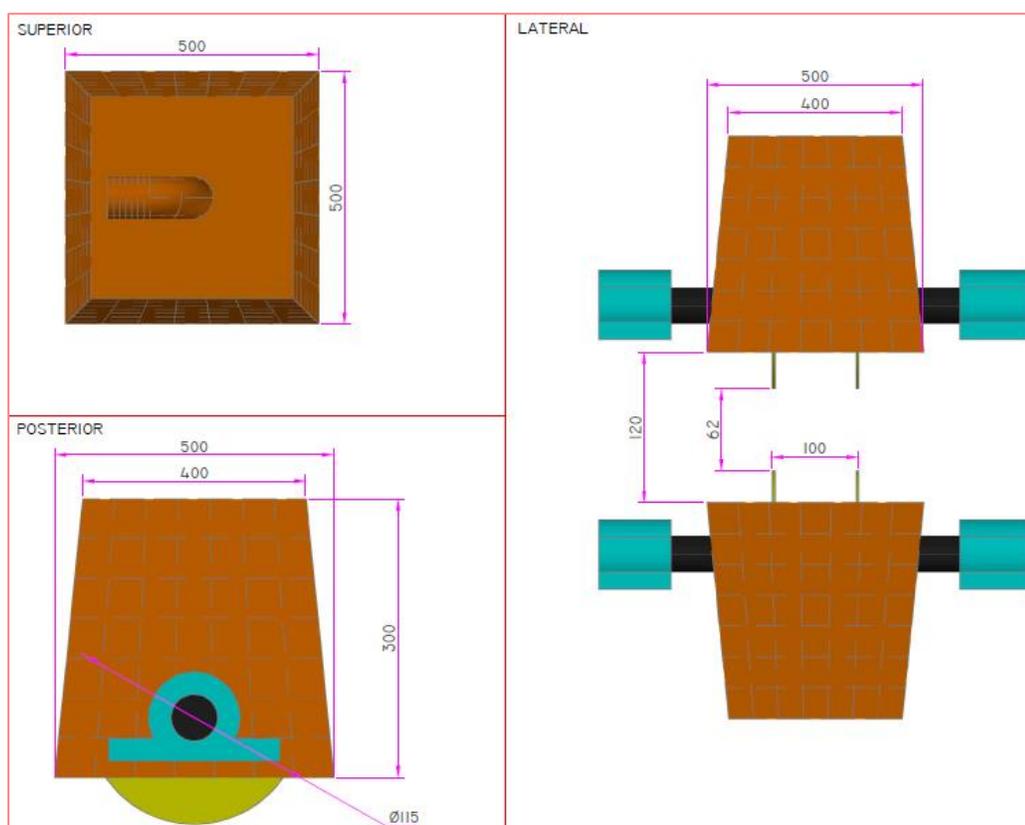


La potencia multiplicada por un factor de seguridad de 1.5 nos da como resultado que debe utilizarse un motor cerrado de 3 HP de marca SIEMENS

#### 4.7.6 Diseño de campanas extractoras

Las dimensiones de las campanas extractoras se basan en el diámetro del disco diamantado seleccionado con anterioridad, en el ancho de la mesa y en el espesor de los adoquines.

En la Figura 12 se presenta el plano realizado en AutoCAD con sus respectivas medidas y vistas de diseños, en este proyecto se instalarán dos campanas para poder captar la polución que se generaría cuando los discos diamantados realicen las guías de corte en los adoquines.



**Figura 32.** Plano esquemático de las campanas extractoras. Fuente: Autor.

#### 4.6.8 Central Hidráulica.

Para la selección de central hidráulica de aceite se toma como dato inicial el módulo de ruptura que se calculó con anterioridad, cuyo valor fue 8,73 MPa. A continuación, se

realiza la conversión de unidades a bares, dato con el cual se podrá seleccionar el equipo apropiado.

En la Tabla 13 se presentan cuatro modelos y aplicaciones de centrales hidráulicas, con sus respectivas descripciones técnicas para las diferentes aplicaciones de uso de prensado.

$$8.73MPa = \frac{10 \text{ bar}}{1 MPa} = 87.3 \text{ bar}$$

**Tabla 16**  
*Modelos y aplicaciones de centrales hidráulicas.*

Modelo	Características
 <p>UG-V</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño vertical con bomba sumergida.</li> <li>-Bombas a engranajes o paletas de caudal fijo.</li> <li>-Filtro de retorno con indicador de saturación.</li> <li>-Boca de carga con filtro de aire.</li> <li>-Unidades Generadoras Verticales 30 y 50 litros</li> <li>-Presión de trabajo hasta 200 bares.</li> </ul>
 <p>UG-V-S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño vertical con bomba sumergida.</li> <li>-Bombas a engranajes o paletas de caudal fijo.</li> <li>-Unidades Generadoras con Placa Unitaria</li> <li>-Aplicación para un actuador o para válvulas montadas en campo.</li> <li>-Unidades Generadoras Verticales Pequeñas de 15 y 20 litros</li> <li>-Presión de trabajo hasta 150 bares.</li> </ul>
 <p>UG-V-M</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño vertical con bomba sumergida.</li> <li>-Bombas a engranajes o paletas de caudal fijo.</li> <li>-Aplicación para un solo actuador o para válvulas de accionamiento montadas en campo</li> <li>-Unidades Generadoras Verticales de 40 y 45 litros</li> <li>-Presión de trabajo hasta 1000 bares.</li> </ul>
 <p>UG-V-L</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño vertical con bomba sumergida.</li> <li>-Bombas a engranajes o paletas caudal fijo.</li> <li>-Filtro de retorno con indicador de saturación.</li> <li>-Conexiones previstas para micro-filtrado externo del aceite.</li> <li>-Unidades Generadoras Verticales Pequeñas de 60 y 65 litros</li> <li>-Presión de trabajo hasta 1500 bares</li> </ul>

**Fuente:** PRAYCO S.A.

Para el corte por cizallamiento de los adoquines se selecciona la central de aceite marca PRAYCO modelo UGVS20-M1,5-B1-150-MMC01/2 por motivo a que nuestro sistema no requiere de capacidad de reservorio grande y la presión máxima de trabajo considerando un factor de seguridad de 1,5 es de 131 bares.

#### 4.8 Descripción de las características de la máquina para producir espacatos.

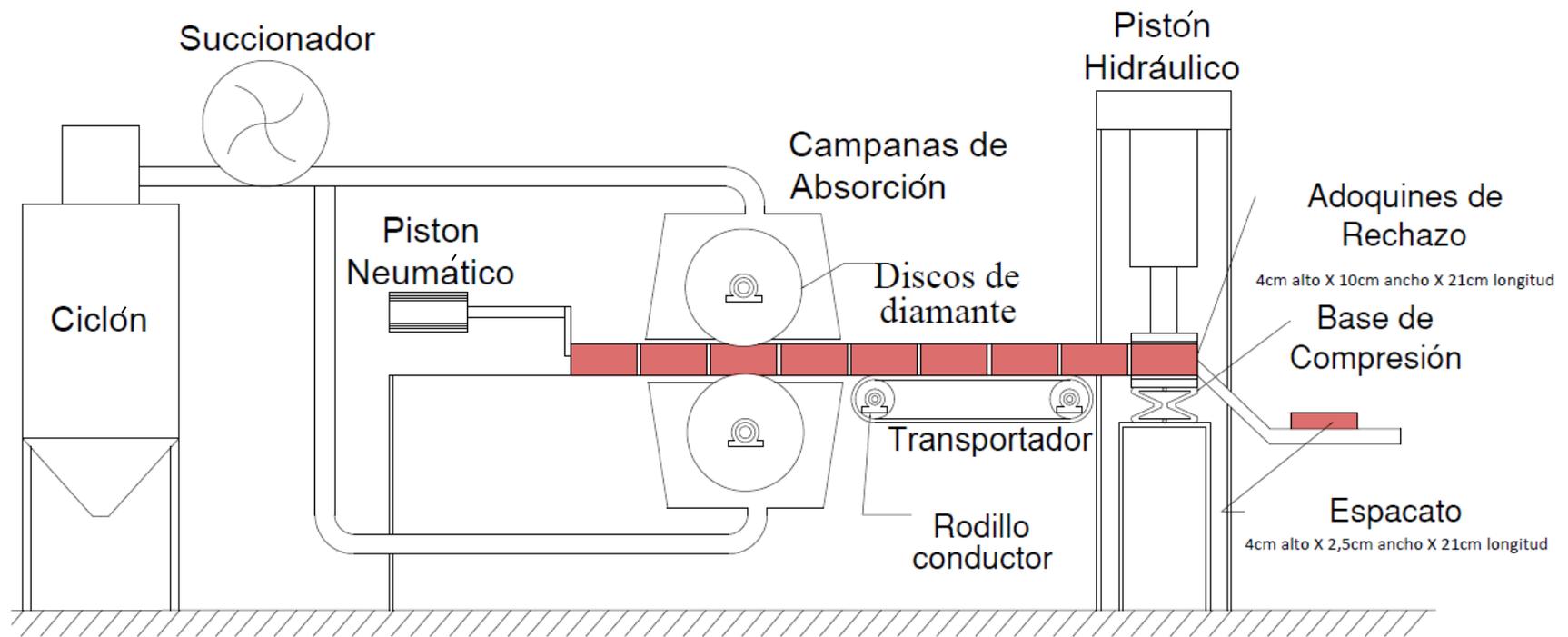
A continuación, se describe de manera breve las características de la máquina para producir espacatos.

**Mesa transportadora.** - con este componente se pretende que el adoquín se traslade hacia las cuchillas de diamante y posteriormente al pistón de corte por cizallamiento.

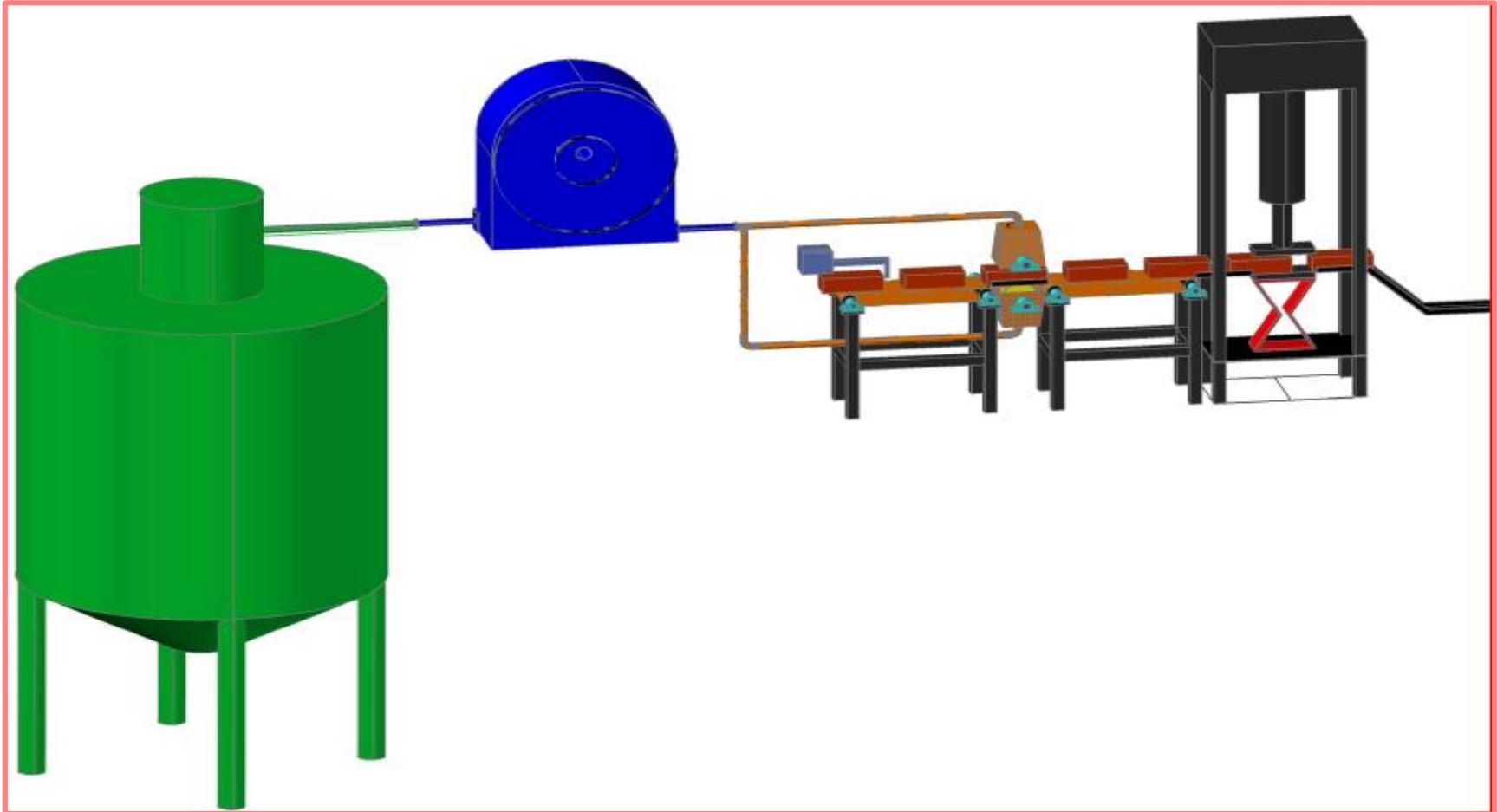
- a) **Sistema de guías de corte.** – Compuesto por seis cuchillas circulares de diamante distribuidas tres en la parte superior y tres en la parte inferior de la mesa transportadora, y que a través de un motor eléctrico de 3HP y 1750 revoluciones por minutos para realizar las guías de corte dejando paralelas las caras de los adoquines.
- b) **Sistema hidráulico.** - Compuesto por una centralita cumple la función de enviar aceite para accionamiento de los pistones hidráulicos de empuje y el de corte por cizallamiento a los adoquines. Un sensor de aproximación emite una señal al circuito eléctrico de la bomba, encendiéndola para ejecutar las operaciones necesarias.
- c) **Sistema de extracción de polvo.** - Cuenta con dos campanas extractoras instaladas, una en la parte superior y otra en la parte inferior de la mesa, las mismas que por acción de un succionador capturan el polvo que se produce al momento que las cuchillas de diamantes realizar las guías de corte.
- d) **Ciclón.** – la función de este equipo es captar las partículas que se generan en la operación de guías de corte. El polvo entra en el ciclón y se produce la separación entregando al ambiente un aire con la mínima cantidad de contaminación. El polvo decantado es colectado en sacas para ser llevado a los patios de materias primas.
- e) **Sistema eléctrico.** – compuesta por elementos eléctricos de control, mando, y elementos electrónicos instalados en los sistemas antes mencionados. Todos elementos extraían ubicados dentro del tablero con las seguridades necesarias para salvaguardar y evitar su deterioro o daños por algún agente ajeno.

#### **4.9 Plano esquemático de la máquina para producir espacatos.**

En la Figura 33 se muestra un esquema completo de la máquina para producir espacatos, para posteriormente y mediante la utilización de AutoCAD realizar la vista isométrica del equipo el mismo que se puede observar en la Figura 35.



**Figura 33.** Plano esquemático del proyecto diseño de máquina para producir espacatos. Fuente: Autor



**Figura 34.** Vista isométrica de la máquina para producir espacatos. Fuente: Autor

#### **4.10 Estudio de factibilidad económico financiera del proyecto.**

Todos los proyectos o decisiones de cambio deben estar sujetos o direccionados con un fin, que es aumentar la rentabilidad de una empresa y para ello se debe comprender de manera sencilla cuales son las opciones y bajo qué bases se acentuaran o se motivaran los proyectos de mejoras y cuáles serían sus beneficios.

El diseño de una máquina para producir Espacato se basa en que la utilización de arcilla debe ser eficiente ya que existen dos puntos importantes que considerar: el ambiental y los costos de producción. Este último ha sufrido un incremento desde el 2016; hecho que se origina específicamente por la mala calidad de los adoquines de 4 cm de alto X 10 cm de ancho X 21 cm de longitud, los cuales presentan rajaduras en su perímetro. Este material rechazado se mantiene en el patio de almacenamiento de la empresa objeto de estudio ya que no tiene salida al mercado. A pesar de haberse considerado un descuento del 40% de su precio real (PVP Unitario \$ 0.38), no ha sido motivación suficiente para que el producto sea adquirido por los clientes.

##### **4.10.1 Análisis Financiero**

El análisis financiero nos permite conocer de una manera amplia cuáles serán los costos que incurren en la máquina para producir spacatos, por consiguiente, se da a conocer costos directos, indirectos y totales.

###### **4.10.1.1 Costos Directos**

Como preámbulo se puede indicar que los costos directos es todo aquello que interviene de manera directa en la creación de un producto, es decir abarca los gastos por materiales, mano de obra, equipos.

###### **4.10.1.2 Costos de Materiales**

Es importante levantar información sobre los costos de materiales, esto puede ser de manera directa desde la solicitud y recepción de ofertas de parte de los locales que contengan lo requerido por el beneficiario o también se puede incurrir a la estimación de costes siempre y cuando exista repetitividad en el uso de los mismos materiales o experiencia del beneficiario. A continuación, en la Tabla 14 se en lista los materiales con los precios respectivos de cada uno de ellos.

**Tabla 17**  
*Materiales requeridos por componente.*

Elemento	Aplicación	Materiales	Cantidad	Costo Total
1		Perfil Tipo "G" de 80mm X 2mm X 6000mm	1	\$ 60,00
2		Pernos completos de 1/2"	10	\$ 19,00
3		Tuercas de seguridad	10	\$ 8,00
4	Mesa transportadora	Angulo de 2"X 1/8" X 6 metros	1	\$ 23,00
5		Tubo de poste 50mm H/Negro	1	\$ 12,00
6		Niveladores de cauchos	8	\$ 195,00
7		Electrodo E6011	5Kg	\$ 28,00
8		Pintura anticorrosiva gris	1 Galón	\$ 15,00
9		Pistón hidráulico doble efecto vástago 15mm	1	\$ 110,00
10		Motor de 3 HP 110V. 60Hz.	1	\$ 390,00
11	Sistema de guías de corte	Barra de 38mm X 350mm Hierro Negro	2	\$ 36,00
12		Chumaceras de Pie P206	4	\$ 260,00
13		Discos de diamante de 13"	6	\$ 576,00
14	Sistema hidráulico	Gato hidráulico embolo 60mm X 100mm	1	\$ 320,00
15		Centralita Hidráulica Motor 1.5 Hp	1	\$ 1.600,00
16		Mangueras acero inoxidable 1/4" X 800mm	2	\$ 130,00
17		Plancha Acero Inoxidable de 1.5mm	4	\$ 160,00
18	Sistema extracción de polvo	Tornillos auto perforantes de 3/16" X 1/2"	20	\$ 3,50
19		Manguera flexible de 1 1/2" X 2 metros	3	\$ 135,00
20		Abrazadera A/Inoxidable 1 1/2"	12	\$ 8,00
21		Codos PVC de 1 1/2"	3	\$ 24,00
22		Succionador de 1.5HP	1	\$ 240,00
23	Sistema Eléctrico	Caja metálica para tablero	1	\$ 60,00
24		Breaker de 12 Amperios	1	\$ 8,00
25		Cable eléctrico # 12 (Dos en uno)	12 Mts.	\$ 45,00
<b>TOTAL=</b>				<b>\$4.465,50</b>

*Nota:* Recursos el desarrollo tangible del proyecto de diseño. Fuente: Autor.

#### 4.10.1.3 Costo de mano de obra

La Tabla 15 muestra el valor del ensamble de la máquina, considerando que no se produjo algún tipo de descuento en dicha mano de obra.

**Tabla 18**  
*Costo total de mano de obra.*

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Ensamble de Maquina para Elaborar Espacatos.	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
		SUB TOTAL	\$ 1.200,00
		DESCUENTO	-
		IVA 12%	\$ 144,00
		<b>TOTAL=</b>	<b>\$ 1.344,00</b>

*Nota:* Este coste de construcción fue estimado por la Compañía "PELUVEFER" Ltda. Empresa dedicada a la construcción de maquinarias y equipos. Fuente: Autor.

A continuación, en la Tabla 18 se mostrará la sumatoria de costos directos que inciden en la construcción de la máquina para producir espacatos.

**Tabla 19**

*Costo total de construcción*

<b>Recurso</b>	<b>Valor</b>
Materiales	\$ 4.465,50
Mano de obra	\$ 1.344,00
<b>TOTAL=</b>	<b>\$ 5.809,50</b>

*Nota:* los costó total directo son aquellos que son parte imprescindible para la obtención de producto. Fuente: Autor.

#### 4.10.1.4 Costos Indirectos

Son aquellos rubros que no intervienen de manera directa en el proyecto, pero son necesarios para su culminación. Estos costos están descritos en la Tabla 19.

**Tabla 20**

*Costo total indirecto*

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Diseño de Maquina	\$ 600,00
Imprevistos (5% CD)	\$ 290,00
<b>TOTAL=</b>	<b>\$ 890,00</b>

*Nota:* Dentro de un proyecto se debe estimar un porcentaje destinados a los imprevistos, ya q existen rubros que pueden incrementarse o adicionarse. Fuente: Autor.

#### 4.10.1.5 Costo total de fabricación de máquina para producir espacatos.

En la Tabla 20 se presenta la sumatoria de los valores totales de los costos directos e indirectos siendo este resultado la cantidad monetaria necesaria si se desea construir la máquina.

**Tabla 21**

*Costo total del proyecto*

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>
DIRECTO	\$ 5.809,50
INDIRECTO	\$ 890,00
<b>TOTAL=</b>	<b>\$ 6.699,50</b>

*Nota:* Este costo total indica cual sería la cantidad monetaria requerida en caso de hacer físico el diseño de la máquina para producir espacatos. Fuente: Autor.

#### 4.10.2 Estudio de flujos netos de efectivo

Mediante la colaboración de la empresa objeto de estudio en cuanto a la facilitación de datos sobre los ingresos y egresos producidos, se ejecutará el estudio de flujos netos de efectivos generados en un determinado intervalo de tiempo, el mismo que se ha considerado para este caso estudio cinco años como vida útil de la máquina. En la Tabla 21 se presenta dicho estudio que luego servirá para la evaluación del VAN y la TIR.

**Tabla 22**

*Estudio de flujo netos de efectivos*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b><u>Ingresos</u></b>						
Inversión	\$ 6.699,50					
Ventas		\$ 172.384,16	\$ 170.072,57	\$ 203.603,95	\$ 251.922,17	\$ 304.167,96
<b>Tota ingresos operacionales</b>		<b>\$ 172.384,16</b>	<b>\$ 170.072,57</b>	<b>\$ 203.603,95</b>	<b>\$ 251.922,17</b>	<b>\$ 304.167,96</b>
<b><u>Egresos</u></b>						
Proveedores nacionales (insumos)		\$ 32.915,20	\$ 31.392,00	\$ 32.326,08	\$ 33.456,68	\$ 39.776,64
Sueldos y beneficios sociales		\$ 23.125,76	\$ 23.545,90	\$ 24.150,31	\$ 24.535,54	\$ 24.700,80
Energía		\$ 8.545,38	\$ 8.098,50	\$ 8.124,62	\$ 83.475,21	\$ 83.462,30
Depreciación de maquinaria		\$ 1.339,90	\$ 1.339,90	\$ 1.339,90	\$ 1.339,90	\$ 1.339,90
15% Participación trabajadores		\$ 25.857,62	\$ 25.510,89	\$ 30.540,59	\$ 37.788,33	\$ 45.625,19
25% Impuesto a la renta		\$ 43.096,04	\$ 42.518,14	\$ 50.900,99	\$ 62.980,54	\$ 76.041,99
<b>Total de Egresos</b>	\$ -	<b>\$ 134.879,90</b>	<b>\$ 132.405,33</b>	<b>\$ 147.382,49</b>	<b>\$ 243.576,20</b>	<b>\$ 270.946,82</b>
<b>Total de flujo generado</b>	<b>\$ (6.699,50)</b>	<b>\$ 37.504,26</b>	<b>\$ 37.667,24</b>	<b>\$ 56.221,46</b>	<b>\$ 8.345,97</b>	<b>\$ 33.221,14</b>
<b>Saldo inicial de caja y equivalentes de caja</b>	\$ -	\$ -	\$ 37.504,26	\$ 75.171,50	\$ 93.888,70	\$ 102.234,67
<b>Flujo total acumulado</b>	<b>\$ (6.699,50)</b>	<b>\$ 37.504,26</b>	<b>\$ 75.171,50</b>	<b>\$ 93.888,70</b>	<b>\$ 102.234,67</b>	<b>\$ 135.455,81</b>

*Nota:* Fuente: Autor.

#### 4.10.3 Cálculo del VAN y TIR.

Con el cálculo de estos indicadores se evaluará si el diseño es viable para la empresa.

##### **VAN (Valor actual neto)**

El principal dato que se requiere para la aplicación de este indicador son los valores obtenidos en los flujos netos de efectivo (FNC). Mediante el uso del programa de cálculo Excel, se procedió a calcular el valor del VAN. Considerando una tasa de interés del 4.98% (Tomada de la publicación de Banco central del Ecuador), el valor resultante del VAN fue de 144723,85.

**TIR (Tasa Interna de Retorno).**

La TIR es un indicador que da a conocer la tasa de descuento con la cual se equiparará el valor presente de los ingresos de efectivo que se obtengan del proyecto con respecto a la inversión inicial que se realizará. A través de Excel se realizó el cálculo y se obtuvo un resultado del 5,64%.

Conocido el Valor actual neto (VAN) de \$144.723,85 y una Tasa interna de retorno (TIR) de 5,64%, con una recuperación de la inversión en el segundo año de implementada esta mejora, podemos decir que el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

## CONCLUSIONES

1. Es importante conocer y saber aplicar las herramientas que contribuyen a comprender los diferentes tipos de operaciones que intervienen en la producción de un bien, ya que a través de ellas se pueden solucionar problemas que afectan directamente a la productividad de la empresa. Se puede enunciar que la empresa objeto de estudio cuenta con seis operaciones para la producción de adoquines mientras que para la producción de espacatos solo intervienen cuatro operaciones que requieren una atención permanente para garantizar la calidad.
2. Con los diferentes tipos de pronósticos aplicados para estimar la demanda de espacatos para el mes de septiembre del 2017, facilitaron la toma de decisiones para definir la capacidad de la máquina, por consiguiente, se la diseñará con una capacidad de 87.500 espacatos mes. A esto se le puede añadir el estudio de tiempo que fue de 0,934 minutos por cada unidad producida, este valor puede servir para evaluar la eficiencia de producción de la máquina.
3. Para planificar el alcance de este proyecto se empleó la Estructura de Desglose del Trabajo orientada a los entregables y a las fases del proyecto. Esto permitió identificar el total de partes y subpartes que conforman la maquinaria que se diseñó, así como planificar la manera de obtener estos elementos, ya sea a través de su diseño o selección y compra según el caso.
4. Previa a la identificación de cada uno de los componentes que integrados conformarán la máquina para producir espacatos, se procedió a los cálculos respectivos como: el módulo de ruptura de los adoquines cuyo valor es de 8.73MPa, dimensiones del ciclón de alta eficiencia Starimand, motor para el sistema de corte cuya potencia calculada es de 3HP, etcétera, estos cálculos garantizaran el buen desenvolvimiento de la máquina. El diseño final del proyecto se lo realiza mediante el uso del software AUTOCAD.
5. La evaluación económica es esencial para determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista económico ya que se busca siempre que la inversión retorne en el menor tiempo posible garantizando la rentabilidad del negocio. El VAN de esta inversión fue de \$144.723,85 y la tasa interna de retorno TIR 5,64%, demostrándose que resulta beneficioso invertir en la construcción de la máquina para producir espacatos.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que la empresa objeto de estudio implemente la máquina que se diseñó como parte de este proyecto, pues se demostró que su construcción es factible desde el punto de vista técnico y económico. Al hacerlo se obtendrían los siguientes beneficios:

- 1) Eliminar adoquines de calidad B y C de los patios de almacenamiento transformándolos en productos sustitutos.
- 2) Aminorar el recurso humano para la fabricación de espacatos.
- 3) Continuidad de la producción de espacatos.
- 4) Producir espacatos a partir del uso de adoquines cocido para omitir la operación de presecado.
- 5) Contar con equipos amigables con los operarios y con el medio ambiente.
- 6) Bajo costo de mantenimiento.

Se recomienda realizar innovaciones en las maquinarias actuales de producir espacatos porque no prestan las seguridades necesarias y porque consumen demasiados recursos que podrían ser utilizados para mejorar otros procesos.

Se recomienda evaluar los protocolos establecidos actualmente para cada uno los procesos que intervienen en la transformación de la materia prima, los mismos deben estar dirigidos a aminorar o eliminar los productos de clase A y B.

## **BIBLIGRAFÍA**

Idrovo Flores, P., & Ochoa, J. (2011). Reestructuración del proceso contable de la empresa Progransa SA (Doctoral dissertation).

Yagüe, A., Valls, S., Vázquez, E., & Kuchinow, V. (2002). Utilización de lodo seco de depuradora de aguas residuales como adición en adoquines de hormigón prefabricado. *Materiales de Construcción*, 52(267), 31-41.

Arenas Guzmán, D. F., Gomez Iquira, E., Hincapié Galindo, M. A., Fracica Naranjo, L. G., & Martínez, R. (2012). Comercializadora internacional de productos de arcilla para la construcción (Doctoral dissertation).

García-Ten, J., Silva, G., Cantavella, V., & Lorente, M. (2005). Utilización de materiales aligerantes en la fabricación de bloques de termoarcilla. Influencia sobre la conductividad térmica y el comportamiento en el proceso. *Conarquitectura*, 16, 65-72.

Aparicio, J. (2001). Rendimiento y biomasa de *Eucalyptus nitens* con alternativas nutricionales para una silvicultura sustentable en un suelo rojo arcilloso. Rendimiento y Biomasa de *Eucalyptus nitens* con alternativas nutricionales para una silvicultura sustentable en un suelo rojo arcilloso.

Ruiz, P. G., & Mayoral, M. D. P. P. (2002). Nuevas canteras de piedras en molino y trujal: Valle del Cidacos (Arnedillo-La Rioja). *Kalakorikos: Revista para el estudio, defensa, protección y divulgación del patrimonio histórico, artístico y cultural de Calahorra y su entorno*, (7), 209-216.

del Cano, M., & Daniel, J. (2008). Prototipo de máquina frigorífica de absorción de LiBr/H<sub>2</sub>O de doble efecto condensada por aire.

Wisner, A. (1988). *Ergonomía y condiciones de trabajo*. Buenos Aires: Humanitas.

Guerrero Campos, D. I. (2013). Diagnóstico Ambiental de las Descargas Mineras Líquidas y Sólidas, en los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos del Cantón Portovelo (Doctoral dissertation, QUITO/EPN/2013).

Quisa, C., & Emilio, B. (2012). Modelo de planta piloto para recuperación del oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales.

SAAD, P. T. (1992). Estudio mineralúrgico para la concentración de oro de los relaves de Ponce Enriquez.

Valdivieso, A. L., Amaya, A. I., Rangel, S. O., & Bahena, M. J. L. R. Concentración gravimétrica centrífuga de oro y plata. Su implementación en el circuito de molienda de mineral de Pílon.

RESERVADOS, A. D. El cronómetro, un símbolo actual del deporte.

Echeverri Londoño, C. A. (2012). Diseño óptimo de ciclones. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 5(9), 123-139.

Hallez, C. (2013). La herramienta diamantada en la industria de la piedra= Utilisation du diamant dans l'industrie de la pierre. Acta Scientifica, (3), 17-40.

## GLOSARIO

**Espacato:** Llamamos espacato de piedra a las piezas de dimensiones pequeñas, cortadas con cizalla, que sirven para recubrir paredes a manera de mosaico. Su peculiar forma rústica, tamaño y combinación de colores en gamas de gris o rosado son una excelente elección para recubrir fachadas que requieran de un gran impacto visual. (Idrovo Flores, P., & Ochoa, J, 2011).

**Adoquines:** es una piedra o bloque labrado de forma rectangular que se utiliza en la construcción de pavimentos. (Yagüe, 2002).

**Fábrica de productos de arcilla:** instalación física donde se realiza el proceso de producción de materiales elaborados principalmente con arcilla pura como materia prima principal ya sea formado por una o varias arcillas y que posee los requisitos necesarios para ser trabajado a mano, al torno, con moldes, mediante estampado o a presión. (Arenas Guzmán, 2012).

**Bloques:** es un mampuesto prefabricado, elaborado con hormigones finos o morteros de cemento, utilizado en la construcción de muros y paredes. (García-Ten, M. 2005).

**Zonas montañosas:** son las formas que modifican una superficie plana. Puede tratarse de elevaciones o de depresiones. Se conoce como relieve terrestre, en este sentido, a los cambios que se evidencian sobre la superficie de nuestro planeta. (Aparicio, 2001).

**Cantera:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción con diferentes tipos de maquinarias y dinamitas. (Ruiz, 2002).

**Prototipo:** Primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica. (del Cano, 2008).

**Ergonomía:** Estudio de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo, una máquina, un vehículo, etcétera, a las características físicas y psicológicas del trabajador o el usuario. (Wisner, A, 1988). correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. Salager, J. (2007). Granulometría Teoría.

**Trituración:** reduce normalmente el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8" a 6". A continuación, los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias. (Bueno, G. 2004).

**Planta de beneficio:** Instalación física donde se realiza la fase industrial del proceso minero, sea éste mecánico (quebradores, zarandas, molinos, ciclones, etc.), químico o biológico, incluyendo el proceso de concentración, fundición y refinado. (Durán, Q., Sierra, G. A., & García, J. A. 2004).

**Mina:** Es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído. (Domergue, C., Sillières, P., Martin, T., & des Universités, P. 1977).

**Optimización:** Es una grandiosa técnica para llevar a cabo debido a que se basa en la eficacia y la eficiencia para alcanzar grandes objetivos utilizando la menor cantidad de recursos posibles. (Olcina, A. G. 2010).

## ANEXOS

### Anexo 1 Espacatos de primera calidad.



**Anexo 2 Canteras de arcilla.**



### Anexo 3 Patios de almacenamiento con productos rechazados.



Productos rechazados almacenados en el patio de la planta. Estos adoquines presentan fisuras en sus filos.

**Anexo 4 Esquema de flujo de producción de espacatos.**



**Pre Secado al Ambiente**



**Corte de exeso**



**Colocación en Prensa**



**Extracción del producto prensado**



**Perchado**



**Cocido**



**Producto Final**



**Anexo 5 Máquina actual utilizada para la producción de espacatos.**



**Anexo 6 Espacatos rechazados por corte transversal.**



**Anexo 7 Visitas realizadas a la planta ALFADOMUS para toma de datos.**

