UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

Modalidad: INVESTIGACIÓN

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL MEZCLADO DE MATERIALES RECICLADOS DE LA CONSTRUCCION"

AUTORES:

ANDRADE SOLÓRZANO CARLOS LUIS

CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO

TUTOR:

Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular

REVISOR:

Ing. Efrén Pico Gómez

2017

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a Dios quien fue un gran apoyo durante el tiempo en que escribía esta tesis.

A mi madre quien me apoyo todo el tiempo desinteresadamente y ha sido un pilar fundamental en mi vida, a mi padre que desde el cielo me está guiando y dando la sabiduría para salir adelante y a mis hermanas

A mi novia quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A mi tutor y al revisor quienes estudiaron mi trabajo de titulación y la aprobaron.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis y a esos amigos que a pesar de las bromas se preocuparon por dar una palabra de aliento. Para ellos es esta dedicatoria, quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Agradecido eternamente.

ANDRADE SOLÓRZANO CARLOS LUIS

Le agradezco a Dios por sobre todas las cosas por haberme permitido vivir hasta este día y por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes.

Doy gracias a mis padres por su apoyo en todo momento, por los valores inculcados y sobre todo por ser excelentes ejemplos de vida.

A mis hermanos por ser parte importante en mí, por llenar mi vida de alegrías cuando las he necesitado.

A Jenny mi esposa por su apoyo y dedicación de tiempo, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Gracias también Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular, por guiarnos y ayudarnos a la culminación de nuestro proyecto de titulación con su muy esmerada gana de apoyo, muchas gracias.

Gracias a todos y cada uno de los ingenieros que fueron los guía y formadores principales para cumplir con mis sueños.

¡Gracias!

CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO

Agradecimiento

En primer lugar, a nuestros padres, por todo su sacrificio y apoyo para que nosotros hoy pudiéramos ser los hombres y profesionales que somos, todo se lo debemos a ellos.

A nuestros hermanos por forjarnos un compromiso que jamás podremos romper como un nombramiento y que nos obliga a superarnos a nosotros mismos.

A toda la familia, que de una forma u otra también formaron parte y contribuyeron a nuestra formación.

A nuestro tutor Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular, por ayudarnos siempre en sus valiosas sugerencias y recomendaciones.

A nuestros profesores y personas que desde la dirección de la Universidad hicieron posible la hazaña de enseñarnos y formarnos en nosotros el temple de un profesional.

No pudiéramos dejar de mencionar a los compañeros de aula por soportarnos todos estos años de estudio.

¡Gracias a todos!

ANDRADE SOLÓRZANO CARLOS LUIS

CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO

Certificación del Director de Trabajo de Titulación.

CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en calidad de Tutor del trabajo de titulación **"DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL MEZCLADO DE MATERIALES RECICLADOS DE LA CONSTRUCCION"** desarrollado por los estudiantes: ANDRADE SOLORZANO CARLOS LUIS y CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los estudiantes cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los estudiantes pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes

Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular

TUTOR

Informe del revisor del trabajo de titulación.

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: "DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL MEZCLADO DE MATERIALES RECICLADOS DE LA CONSTRUCCION" desarrollado por los señores, ANDRADE SOLORZANO CARLOS LUIS con cédula No. 131317709-7, y CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO con cédula No. 131316171-1, previo a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO, bajo la tutoría del Dr. C. Miguel Herrera Suárez, Ing. Prof. Titular docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumplo con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio
- Han aplicado correctamente el Reglamento de Titulación de la UTM.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar, suscribo este documento NO VINCUILANTE para los fines legales pertinentes.

_____

ING. EFRÉN PICO GÓMEZ

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Declaración sobre derechos de autores

Quienes firmamos la presente, estudiantes; ANDRADE SOLORZANO CARLOS LUIS, Y CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO, en calidad de autores del trabajo de titulación realizado sobre "DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL MEZCLADO DE MATERIALES RECICLADOS DE LA CONSTRUCCION", permitimos hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones que aparecen en este texto, son criterios netamente personales y asumimos con responsabilidad la autoría de las mismas

ANDRADE SOLORZANO CARLOS LUIS

AUTOR

CONFORME ALCIVAR LINGER ANTONIO

AUTOR

Índice

Resumen XII

Abstract XIII

CAPITULO I 1

1.1. Tema: 1

1.2. Planteamiento del problema 1

1.3. Descripción de la realidad problemática 2

1.4. Formulación del problema 3

1.5. Delimitación de la investigación 3

1.5.1. Temporal 3

1.5.2. Espacial 3

CAPITULO II 4

2.1. Antecedentes 4

2.2. Justificación 4

2.3. Objetivos 4

2.3.1 Objetivo general 4

2.3.2. Objetivos específicos 4

2.4. Marco teórico 5

2.4.1. El tratamiento de los residuales de la construcción 8

2.4.2. El hormigón y su mezclado 10

2.4.3. La máquina mezcladora 10

2.4.4. El adoquín 13

2.4.5. La fabricación del adoquín 15

2.4.6. Situación actual de la producción de adoquines prefabricados en el Ecuador y la provincia Manabí 18

CAPITULO III 20

3.1. Visualización del alcance del estudio 20

3.2. Aporte social y económico 20

3.3. Hipótesis y definición de variables..... 21

3.3.1. Nivel de investigación..... 21

3.3.2. Método 21

3.4. Técnicas..... 22

3.4.1. Entrevista y encuestas. 22

3.4.2. Diseño de la mezcladora. 22

3.5. Desarrollo del diseño de Investigación..... 22

3.5.1. Metodología para la entrevista de los dueños y operadores de las máquinas mezcladoras..... 22

3.5.2. Definición y selección de la muestra..... 22

3.5.2.1. Población y muestra..... 22

3.5.2.2. Población y muestra..... 22

3.5.2.3. Definición y selección de la muestra..... 23

3.5.3. Metodología para el cálculo y selección de los elementos de la transmisión mecánica. 23

3.5.4. Cálculo de la demanda de potencia del sistema de mezclado..... 23

3.5.5. Posteriormente se realizó el cálculo de la Fuerza (P) ejercida por los removedores..... 24

3.5.6. Cálculo de la demanda de Potencia (Nr.)..... 24

3.5.7. Cálculo del Torque requerido para el mezclado del concreto..... 24

3.5.8. Cálculo de la productividad Teórica del Conjunto..... 24

3.5.9. Cálculo de los parámetros cinemáticos y demanda de potencia de la transmisión..... 25

3.5.10. Cálculo de la potencia demandada de potencia de los órganos mezcladores..... 26

3.5.11. Metodología para el análisis de la resistencia de los elementos de la máquina ..... ……26

3.5.12. Desarrollo del modelo virtual..... 26

3.5.13. Desarrollo del modelo virtual. 27

3.5.14. Definición de la condición de frontera. 27

3.5.15. Mallado o discretización de los modelos virtuales. 28

3.5.16. Metodología para la selección de los rodamientos. 28

3.5.17. Metodología para el cálculo de la sostenibilidad del diseño. 29

CAPITULO IV. 31

4.1. Resultado de las encuestas a los dueños y operadores de las máquinas mezcladoras 31

4.1.1. Material que se comercializa 31

4.1.2. Características de las máquinas mezcladoras empleadas en la zona de estudio 31

4.1.3. Proceso de operatividad de la máquina mezcladora. 32

4.1.4. Tipo de material que se utiliza. 32

4.1.5. Detalle sobre la adquisición de los equipos 33

4.2. Análisis de los resultados del diseño de la máquina. 33

4.2.1. Descripción de la máquina y como funciona. Remites a los anexos con los planos…. 33

4.2.2. Resultados del cálculo de la resistencia del árbol 35

4.2.3. Deformación 36

4.2.4. Factor de seguridad 37

4.2.5. Resultados de La determinación de las reacciones en los apoyos. 38

4.2.6. Resultados de los cálculos para la selección de los rodamientos. 39

4.2.7. Material usado 39

4.3. Análisis de datos. 40

4.3.1. Elaboración del reporte de resultados 40

4.3.2. Datos técnicos 40

4.3.3. Resultado de análisis de sostenibilidad económica de la máquina. 41

4.3.4. Análisis económico de los materiales y materia prima 42

4.3.5. Efectividad económica de la máquina. 42

5 Conclusiones 43

6. Recomendaciones 44

7. Cronograma Valorado 45

8. Bibliografía 46

Anexos. 48

Resumen

En el presente trabajo tiene como objetivo diseñar de una máquina para el mezclado de materiales reciclados para la elaboración de adoquines prefabricados, para cumplimentar dicho objetivo se hizo necesario encuestar a los dueños y operadores de las máquinas mezcladoras que se emplean actualmente en la producción de adoquines. De igual forma se realizó el diseño de un prototipo de máquina empleando las novedosas técnicas CAD-CAE de diseño asistido por computadora. Finalmente se realizaron los estudios de factibilidad económica. Los resultados mostraron que el prototipo de máquina mezcladora diseñado cumple con las exigencias y estándares de calidad y capacidad de procesamiento exigidos para este tipo de máquinas. Se comprobó mediante la simulación mediante el Método de los Elementos Finitos que la misma es capaz de resistir las cargas y regímenes de trabajo a las cuales se someten estas máquinas durante la producción. Los resultados del análisis económico muestran que la máquina posee un efecto económico de 2,525 USD, en comparación con los costos de fabricación de las máquinas convencionales, mostrando un precio unitario de 4,475 USD.

Abstract

In the present work the aim of this work is to design a machine for the mixing of recycled materials for the production of prefabricated pavers. In order to fulfill this objective, it became necessary to survey the owners and operators of the mixing machines currently used in the production of pavers . In the same way, the design of a prototype of machine was made using the new CAD-CAE techniques of computer-aided design. Finally, economic feasibility studies were carried out. The results showed that the prototype mixing machine designed meets the requirements and standards of quality and processing capacity required for this type of machines. It was verified by means of the Finite Element Method that it is able to withstand the loads and working regimes to which these machines are subjected during production. The results of the economic analysis show that the machine has an economic effect of 2,525 USD, compared to the manufacturing costs of conventional machines, showing a unit price of 4,475 USD.

CAPITULO I

1.1. Tema:

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL MEZCLADO DE MATERIALES RECICLADOS DE LA CONSTRUCCION"

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente la provincia Manabí desarrolla un amplio programa constructivo que incluye las tareas de la reconstrucción del territorio, dentro del mismo se requiere el incremento de las producciones locales de materiales de la construcción, tomando como premisa fundamental el aprovechamiento de la materia prima disponible, evitando en lo posible la adquisición de materiales fuera de la provincia.

Es por ello que se ha priorizado la utilización de materiales alternativos sobre todo en los casos donde no se disponga de la materia prima localmente. En este caso el Gobierno Provincial de Manabí (GPM) ha desarrollado acciones para el reciclado de materiales provenientes de las demoliciones de las edificaciones afectadas por el terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016.

Dentro de las acciones que prevé el plan de reactivación del GPM se prevé la creación de grupos multidisciplinarios para el estudio de materiales alternativos tomando como base el reciclado de los desechos de las demoliciones y la incorporación de nuevas alternativas.

Uno de los materiales más solicitados en el proceso de reconstrucción de la provincia son los adoquines, dada una alta demanda para la construcción de calles, aceras, senderos en parques o vías en los jardines, entre otros.

La fabricación de adoquines resulta una de las actividades importantes que deberá ser asumida por el territorio, logrando con ello abaratar este material y aprovechar en su construcción parte de los residuales que se derivan de las obras demolidas.

La estrategia del GPM comprende que la producción de adoquines y otros materiales prefabricados se desarrolle de manera local en las zonas donde se realizan las demoliciones de las edificaciones dañadas, lo cual demanda el desarrollo de máquinas de pequeño formato y que ofrezcan facilidad relativa para su transportación (GPM, 2016). La norma de como se hace una cita de comunicación personal.

Por lo general para la fabricación de adoquines se utilizan dos máquinas, una para el proceso de mezclado y otra para el moldeo del adoquín. En ambos casos las máquinas deben cumplir ciertas especificaciones para garantizar la calidad y durabilidad de las producciones.

1.3. Descripción de la realidad problemática

En épocas recientes el Ecuador pasó por un cambio de matriz productiva (SENPLADES, 2013), el cual ha dado lugar a la creación de lineamientos o estrategias que se enfocan en el desarrollo local a partir del incentivo de los emprendimientos.

La provincia Manabí luego de sufrir los desbastadores embates del terremoto del pasado 16 de abril de 2016, se ha enfocado en la reconstrucción y revitalización de su entorno urbano. Este proceso demanda de la producción local de gran cantidad de elementos prefabricados, como son las vigas, lozas, bordillos, y adoquines, por solo citar algunos.

En mucho de los casos las producciones locales no satisfacen las demandas, ya sea por la capacidad productiva instalada o por la falta de materia prima, en otros casos como el adoquín no se produce en la provincia. Esta problemática ha obligado a los inversionistas locales a la compra de estos productos, o gestionarlos en localidades cercanas a este territorio.

Las demoliciones de edificaciones generan material que puede ser reutilizado a partir de un proceso de clasificación y trituración, pero que por sus constituyentes pueden ser una gran fuente de materia prima para la construcción de elementos prefabricados.

Para el caso particular del adoquín, el mecanizado de su proceso de fabricación demanda la utilización de dos máquinas fundamentalmente siendo: una mezcladora y la máquina para el moldeo del adoquín.

La etapa de mezclado es fundamental en la elaboración de los adoquines y otros elementos prefabricados, dada las características de los materiales y el grado de homogeneidad que se pretende alcanzar, pues de la calidad del mezclado dependerá la calidad y el acabado final de los adoquines.

Actualmente no hay disponibilidad en el mercado ecuatoriano de máquinas de pequeño formato que puedan realizar este trabajo y se adapten a las demandas o exigencias tecnológicas del GPM, así como que las que existen en el extranjero son muy costosas.

En la Provincia Manabí no existen empresas que se dediquen a la fabricación de estas máquinas, es decir, no están disponibles en el mercado. Las que se encuentran en

explotación han sido desarrolladas empíricamente y corresponden a máquinas con un formato voluminoso que resulta difícil de transportar, que son utilizadas en régimen de trabajo estacionario que no cumplen con los requisitos o necesidades del GPM.

1.4. Formulación del problema

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente analizados el problema consiste en:

¿Cómo desarrollar de una máquina de pequeño formato para el mezclado de los materiales utilizados en la elaboración de adoquines prefabricados?

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Temporal

El tiempo empleado según cronograma.

1.5.2. Espacial

Como paso previo a la fase de diseño de la máquina, se realizó una investigación de campo en la cual se entrevistaron los operadores, técnicos y personal que trabaja con las máquinas mezcladoras con lo que obtuvo las dimensiones y datos para el diseño. Dicha investigación abarcó fábricas de bloques existen en Portoviejo.

En una segunda fase se realizó el diseño de la maquina en los laboratorio de computación y dibujo de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UTM.

CAPITULO II

2.1. Antecedentes

El avance de la ciencia y la tecnología han obligado a que las industrias de prefabricados de hormigón se hayan visto en la necesidad de que las máquinas que estaban basadas en mecanismos rígidos sean remplazadas a sistemas de potencia hidráulica y comandos eléctricos automatizando los procesos de fabricación.

Como se ha podido observar el desgaste de las partes en los mecanismos rígidos conllevan a un desajuste y pérdida de tiempo en los procesos, lo que no sucede en los sistemas hidráulicos, los cuales necesitan de menos mantenimiento y son de rápida reposición.

De esta manera, el presente proyecto permitirá reducir la mano de obra, el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto respecto al que se lo obtiene manualmente.

2.2. Justificación

El presente proyecto pretende mejorar el proceso de fabricación de prefabricados de hormigón, de tal forma, ayudar al operario en algunas tareas que forzosamente se hacen en forma manual, por ello es necesario la implementación de un sistema automatizado acorde con las tendencias tecnológicas actuales.

En la actualidad la oferta de los prefabricados de hormigón como los bloques, adoquines, etc. Es decir, tienen un crecimiento significativo, pues la demanda de dichos productos va cada día en aumento, debido al crecimiento poblacional, así como el desarrollo arquitectónico de la urbe.

2.3. Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Diseñar una máquina para el mezclado de materiales reciclados de la construcción”.

2.3.2. Objetivos específicos

a. Diseñar los órganos de trabajo.
b. Realizar los cálculos y análisis de resistencia mecánica de órganos de trabajos y estudios de la máquina.

c. Determinar los costos de fabricación del prototipo.
d. Realizar análisis de sustentabilidad de diseño.

2.4. Marco teórico

El presente trabajo analiza la creación del diseño de una máquina para el mezclado de materiales reciclados y con ello lograr la elaboración de adoquines prefabricado. En ese sentido, es preciso aclarar algunos conceptos. En primer término, es que desde hace cuánto tiempo se ha venido utilizando este tipo de maquinaria y los beneficios que se obtienen con ella. La primera máquina fue elaborada en el año de 1937 por un joven de 23 años, llamado Fred Neth, tomó prestado $800.00 USD para abrir un pequeño taller, Fundición y Trabajos en Troquelaría Columbia, en la calle Main en Vancouver, Washington. En los primeros días, Columbia enfrentaba una variedad de trabajos, que incluían la reparación de las primitivas máquinas de bloques que existían para aquel entonces. Luego de aprender la complejidad de aquellas máquinas de bloques operadas de forma manual, Fred decidió temprano que Columbia podía diseñar y fabricar una máquina mejor. Debido a la precisión y la calidad de los bloques que fácilmente podía producir esta máquina, las máquinas de bloques de Columbia fueron aceptadas con un entusiasmo amplio por el público de la construcción. (Machine 2012).[1] Se denomina Adoquín de Hormigón a la unidad prefabricada de hormigón que se usa como material de pavimentación de superficies y que satisface los siguientes requisitos de dimensiones: Ninguna sección transversal, perpendicular a la cara dorsal, medida a una distancia superior a 50 mm de cualquiera de los lados del adoquín, tendrá una anchura inferior a 50 mm ya que, el cociente entre su longitud total y su espesor será inferior o igual a 4, El desarrollo del pavimento con Adoquines Prefabricados de Hormigón ha desplazado a las superficies realizadas mediante adoquines de piedra natural ya que este adoquín nos permite mayor seguridad al momento de frenar un vehículo o dar giros ya que el suelo se encarga de absorber la fuerza que se realiza ´por lo que él tendría mejor opción de frenada. (CONSTRUMATICA 2009).[2] El adoquín prefabricado de hormigón esta realizado de cemento, agua, áridos, aditivos y pigmentos inorgánicos por vibro prensado, pueden ser de dos formas entre ellas pueden ser cuadradas y rectangulares según como se lo quiera realizar ya que si se decide hacer más el adoquín rectangular y de estos existen dos tipo que son los siguientes.;

- Mono capa: es la pieza de un solo tipo de hormigón que pueden ser de color
- Bicapa: esta es la pieza de hormigón, con una capa en la cara superficial de adoquín de mortero de cemento con coloración. (Gordillo y Gordillo 2014).[3]

Los adoquines de hormigón prefabricados según su forma se clasifican en tres categorías las cuales se mencionaran a continuación:

- Como primera categoría tenemos el Adoquín machihembrado multidireccionalmente: estos contienen sus cuatro caras laterales entrantes y salientes para lograr un encaje con otra pieza.
- Adoquín machihembrado unidireccionalmente: son todas las piezas que en sus caras laterales opuestas tienen entrantes y salientes para lograr un encaje con otras piezas en una dirección.
- Adoquines Clásicos: esta pieza a diferencia de las anteriores no cuenta con entrantes y salientes en sus caras laterales. (Gordillo y Gordillo 2014).[4]

Los adoquines de hormigón prefabricado deberán cumplir con requisitos determinados.

- Geometría
- Aspectos visuales
- Resistencia a Rotura
- Resistencia al desgaste por abrasión
- Resistencia al deslizamiento
- Absorción de agua

A continuación, pequeños consejos para una adecuada instalación de adoquines:

- Preparación de terreno
- Confinamiento
- Instalación
- Mantenimiento

El origen de los adoquines ha estado ligada estrechamente a la evolución de vías urbanas, este proviene del árabe (ad-dukkân, "piedra escuadrada") las calles servían tanto para permitir el acceso de peatones, carros o animales. El adoquinado se utilizó a

finales del siglo XIX y la aparición de los vehículos hizo que creciera a un ritmo acelerado la pavimentación y el adoquinado dejo de ser rentable. Se han desarrollado con el pasar del tiempo adoquines de hormigón, estos se utilizan de manera igual a los adoquines antiguos que fueron de piedra, los adoquines de hormigón se los denominan pavimento articulado a diferencia de los adoquines de piedra los de hormigón muchas veces se le dar colores buscando un mejor resultado estético. (Ecured 2017).[5] Los firmes están constituidos de capas horizontales superpuestas en diferentes espesores y diferentes tipos de materiales correctamente compactados. Es muy importante lograr firmes adecuados al tipo de cargas que se van a soportar. El pavimento viene a constituir la parte superior de un firme que debe resistir los diferentes esfuerzos que ocurren en la superficie. Todo esto ocasiona una superficie cómoda y segura. Los adoquines de piedra más utilizados son los de granito, estos por sus cualidades físicas son muy resistentes, las medidas estándar para todos los tipos de adoquines de piedra natural son: (José Luís Cortabarra Gordillo 2014).[6]

- 20x10x10 cm
- 20x10x5 cm
- 5x5x5 cm
- 10x10x10 cm
- 10x10x5 cm

Actualmente, los adoquines se utilizan por motivos estéticos, y se han desarrollado adoquines de hormigón. Existen diferentes medidas, tanto de superficie como de espesor, así como de cavados y formas geométricas. Se pueden lograr diseños muy atractivos, y sus diferentes acabados hacen posible que se puedan colocar con cualquier estilo de vivienda. Los adoquines rectangulares con líneas muy definidas, con forma y superficie plana, son una opción a tener en cuenta en diseños modernos, consiguen que haya una gran confortabilidad al andar. Por el contrario, si buscamos un toque rústico, existen muchas opciones que tienen un aspecto envejecido, con aristas irregulares, simulando una piedra desgastada. (breincobluefuture 2017).[7] Para obtener una instalación adecuada hay que seguir los pasos detallados anteriormente. (Adokin 2014).[8]

Cabe tener en cuenta que existe un estudio de Mostafizur Rahman en el cual detalla los efectos causados en la sustitución del concreto por materiales poliméricos reciclados: poliuretano-formaldehido (PUF) provenientes de envases y polietileno de alta densidad (HDPE) proveniente de actividades comerciales, las inclusiones de estos materiales reciclados muestran resultados en la disminución de la densidad, porosidad, absorción de agua a diferencia de los de concreto y mampostería. (Martinez, y otros 2015).[9] Los polímeros son moléculas muy grandes formadas por unidades menores, el orden de estas unidades y los diversos tipos pueden ser sintetizados y las formas que adoptan son exclusivas de los polímeros un ejemplo es la elasticidad como la de un caucho. (C y M 1996).[10]

2.4.1. El tratamiento de los residuales de la construcción

El tratamiento de los residuos es tan antiguo como la historia misma de la construcción. Durante la expansión del Imperio Romano se empleaban placas de mármol para recubrir las paredes exteriores. En la Curia Iulia aún pueden verse en el suelo las placas de mármol arrancadas del suelo y la mayoría del mármol de la antigüedad se utilizó con posterioridad para hacer cal (Berdugo, 2001).[11] Un ejemplo lamentable de la reutilización de residuales constructivos en la antigüedad lo constituye el Coliseo Romano. A partir del siglo VI el edificio tuvo diversos usos. Con diversos cambios de propiedad, desde la Iglesia hasta familias nobles romanas, el Coliseo pasó a ser desde un cementerio, hasta una fortaleza. En la Edad Media el edificio se fue deteriorando, tanto por su abandono, como por los terremotos. Un gran seísmo a mediados del siglo XIV provocó el derrumbe de la fachada externa sur. A partir de entonces, el Coliseo empezó a sufrir un saqueo de sus piedras, las cuales fueron utilizadas para construir iglesias, palacios e incluso el Vaticano (Sarralde, 2013).[12] En la figura 2.1. Se muestra una vista interior del Coliseo de Roma, donde se puede apreciar el amplio empleo de la piedra como material de construcción.

Figura 2.1. Vista interior del Coliseo de Roma (Sarralde, 2013).[13]

En la actualidad la generación de residuos de construcción y demolición está íntimamente ligada a la actividad del sector constructivo, como consecuencia de la demolición de edificaciones e infraestructuras que han quedado obsoletas, así como la construcción de otras nuevas (Romero, 2007).[14]

Se consideran residuos de construcción y demolición aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por: tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, ferrallas, maderas y en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras, construcción de edificaciones nuevas, obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas (Romero, 2007).[15] El auge experimentado en este sector, ha implicado la generación de importantes cantidades de residuos de la construcción, los cuáles debido a la falta de planificación para una adecuada gestión final de los mismos, se han ido depositando en vertederos, en muchas ocasiones de forma incontrolada (Romero, 2007).[16] Los objetivos principales que se pueden lograr con el reciclado de los residuales de la construcción sobrepasan el interés económico de cualquier inversión y

se convierte en la solución de un problema con una connotación ambiental y en este sentido se puede citar lo siguiente (Romero, 2007).[17]

a. Se logran preservar las materias primas originales y no desperdiciar los materiales ya utilizados.
b. Se alcanza la conservación de un valioso espacio destinado a los vertederos para los residuos que no se pueden reciclar.
c. Se logra proteger el ambiente limitando la descarga de lixiviados de los vertederos a las capas subterráneas.
d. Permite cumplir las normas que prohíben la evacuación de todo tipo de residuos junto con los residuos de la construcción.
e. Permite aprobar, autorizar y estimular mediante incentivos el uso de materiales reciclados en la industria de la construcción.

Normalmente en la provincia de Manabí se pueden estar generando diariamente unas 350t de residuos de la construcción, lo que se ha visto incrementada en los últimos meses a más del doble, producto de las demoliciones que han sido necesario realizar para reducir el riesgo del derrumbe de edificaciones luego de ocurrido el sismo intenso del 16 de abril de 2016.

2.4.2. El hormigón y su mezclado

Por otro lado, el hormigón es un material de construcción masivo y al mismo tiempo un material de construcción de alto rendimiento, que anteriormente estaba considerado como un sencillo sistema de tres materiales compuesto por cemento, agua y áridos. Actualmente se está viviendo un proceso de innovación. El hormigón de alta tecnología se considera como un sistema de seis componentes, consistente en cemento, áridos, agua, aditivos, adiciones y aire (Hillemeier & Neue, 2001).[18] Técnicamente el mezclado de las materias primas se debe realizar en una mezcladora mecánica y se debe prolongar hasta que la mezcla presente un aspecto uniforme. Este espacio de tiempo es la duración del mezclado, y por experiencia en los hormigones normales suele durar al menos 30 segundos y en los hormigones ligeros al menos 90 s (Nold, Löbe, & Eirich, 2015).[19]

2.4.3. La máquina mezcladora

La mezcladora contribuye a que la mezcla del hormigón sea homogénea y tenga las condiciones adecuadas para ser moldeada en la máquina vibro compactadora. Algunos

procesos están incluidos en la fase de mezclado como: la alimentación, la dosificación, el control del flujo, etc.

Hay ciertos tipos de mezcladoras en las cuales el recipiente es estacionario y el desplazamiento de los materiales se logra mediante la rotación simple o múltiple de dispositivos mezcladores internos. Entre los tipos de mezcladoras más utilizadas son: a) Mezclador de maza trituradora; b) Mezclador de rotor simple; c) Mezclador de turbina; d) Mezclador por impacto (Larburu, 2001).[20]

Las mezcladoras forzadas (mezcladoras ciclones) sirven para mezclar las mezclas secas, húmedas y mojadas. Su mayor ventaja reside en un perfecto mezclado de todos los componentes individuales de la mezcla en un lapso de tiempo muy reducido (la velocidad del mezclado es cuatro a cinco veces mayor en comparación con una mezcladora de tambor) lo que asegura una calidad superior de la mezcla final (Filamo, 2016).[21]

Las mezcladoras forzadas funcionan por principio de aspas de mezclado que giran en torno al eje interno del tanque de mezclado estático. El mezclado se lleva a cabo por medio de varias aspas que, a su vez, quitan la mezcla de las paredes y del fondo del tanque de mezclado. Las aspas de mezclado son ajustables tanto lateralmente como verticalmente y pueden estar equipadas con espátulas de goma.

Una máquina mezcladora debe cumplir determinados requisitos técnicos, entre los que se pueden mencionar: Lograr simplificar el tiempo de mezclado y con ello obtener una mayor productividad y mejores resultados; alcanzar mayor ergonomía al reducir el esfuerzo físico del trabajador al momento de preparar la mezcla; y contribuir al mejoramiento en cuanto respecta a tipos de mezcla requeridos en una construcción (Prezi, 2016).[22]

Por lo general para la fabricación de adoquines se utilizan dos máquinas, una para el proceso de mezclado y otra para el moldeo del adoquín. En ambos casos las máquinas deben cumplir ciertas especificaciones para garantizar la calidad y durabilidad de las producciones.

Las que actualmente se encuentran en explotación han sido desarrolladas empíricamente en ciudades del ecuador (Ambato, Cuenca, Manta entre otros), esto conlleva a la difícil de la transportación. Estas son utilizadas en un régimen de trabajo estacionario, que no cumplen con los requisitos o necesidades del GPM, que plantea un tipo de máquina de pequeño formato y facilidad de movimiento.

La máquina mezcladora es el elemento más importante cuando se trata de conseguir calidad en el producto.

Existen ciertos tipos de mezcladoras en las cuales el recipiente es estacionario y el desplazamiento de los materiales se logra mediante la rotación simple o múltiple de dispositivos mezcladores internos. Según (Larburu, 2001).[23] Las mezcladoras de materiales para adoquines más utilizadas son:

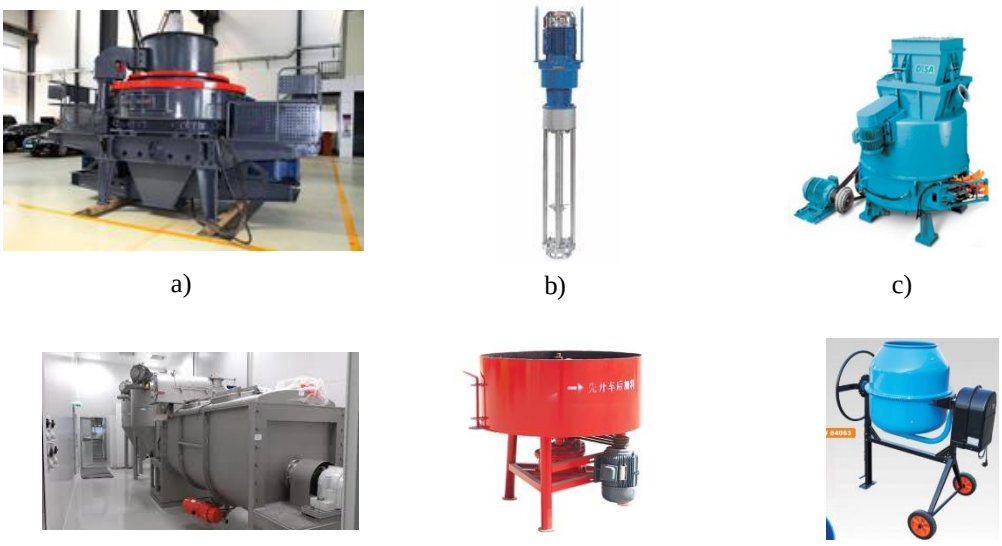
a) Mezclador de maza trituradora;

b) Mezclador de rotor simple;

c) Mezclador de turbina;

d) Mezclador por impacto.

En la figura 2.2. Se muestran diversos tipos de máquinas mezcladoras.



a) b) c)

d) . e) f) .

Figura 2.2. a) Mezclador de masa trituradora (BMC, 2016)[24]; b) Mezclador de rotor simple (Silverson, 2016)[25]; c) Mezclador de turbina (Silverson, 2016)[26]; d) Mezclador por impacto (Silverson, 2016)[27]; e) Mezcladora forzada (Silverson, 2016)[28]; f) Mezcladora de tambor (Silverson, 2016).[29]

Las mezcladoras forzadas (mezcladoras ciclones) sirven para mezclar las mezclas secas, húmedas y mojadas. Su mayor ventaja reside en un perfecto mezclado de todos los componentes individuales de la mezcla en un lapso de tiempo muy reducido.

En la figura 2.3. se pueden apreciar diferentes aspas del tipo ajustable para máquinas mezcladoras forzadas.

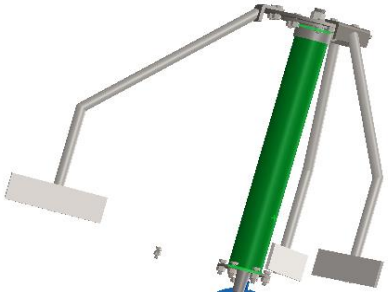


Figura 2.3. Aspas del tipo ajustable para mezcladoras forzadas (Filamo, 2016).[30]

El mezclador tiene una artesa circular con un alojamiento en el centro, en torno al cual gira una estrella o una serie de brazos con rejas o vertederas en cada uno de los brazos. Las vertederas o rejas giran en torno a la artesa circular. Es decir, este mezclador es adecuado para materiales secos que fluyen con libertad o materiales semi-húmedos que no fluyen bien, también se puede adaptar para los problemas de recubrimiento y mezclado de líquido-sólido.

El diseño de una máquina mezcladora es sencillo, es decir, deben estar en condiciones de prestar constantes y coherente homogeneidad con el fin que garantice calidad de las producciones y que su costo de diseño y construcción sea convenientemente asequible a las posibilidades del territorio.

Por lo tanto, están diseñadas con una ergonómica asa de acero para facilitar el manejo de la máquina, además, las maquinas mezcladoras están diseñadas para ser usadas cotidianamente por los profesionales más exigente del mundo de la construcción.

En la tabla 2.1. Se muestran los datos técnicos de las maquinas mezcladoras más usadas en ámbito mundial. En la provincia solo existen las mezcladoras forzadas.

2.4.4. El adoquín

Antiguamente el adoquín se elabora a partir de una piedra o bloque labrado de forma rectangular que se utilizaba en la construcción de pavimentos. Los materiales más utilizados para su elaboración fue el granito, por su gran resistencia y facilidad para el tratamiento y, sobre todo, el basalto que a su dureza se le añade la mayor facilidad de corte. En Italia las vías imperiales romanas solían construirse con bloques cilíndricos de basalto que le daban un color negro al pavimento. Por otra parte, el lento enfriamiento de la lava en las coladas volcánicas formaba columnatas cilíndricas, prismáticas, y a menudo hexagonales que facilitaron muchas veces su aprovechamiento para pavimentar las vías que cruzaban todo el territorio imperial romano (Corsi, 2012).[32]

Tabla 2.1. Datos técnicos de las maquinas mezcladoras más usadas (Silverson, 2016).[31]

Parámetro	TIPOS DE MÁQUINAS					
	De maza trituradora	**De rotor simple**	**De turbina**	**Por impacto**	**Forzada**	**De tambor**
Opción olla	Metal	No	Metal	Metal	Metal/ Polietileno	Metal/ Polietileno
Capacidad de mezcla (L)	1 000		600	700	500	255
Volumen total de olla (L)	1 000		600	700	500	350
Productividad (m^3/h)	10	3	8	9	6-8	5
Ciclo de producción (min)	6	7	5	6	5	3
Velocidad del Depósito (rpm)	35	23	20	23	19	28-32
Peso con motor (Kg)	900	56	500	580	460	272
Llantas	No	No	No	No	Neumáticas 14"	Neumáticas 13"

El adoquín llegó a América tras la conquista española y en el siglo XVIII es cuando se comienza a considerar la idea de adoquinar las calles de las ciudades en las tierras colonizadas, e inicialmente se realizó mediante el empedrado, es así como el adoquín llega primero a las ciudades de Quito y Cuenca en el Ecuador (Calderín, 2015).[33] Los adoquines prefabricados de hormigón resultan ideales para todo tipo de construcción según la necesidad del cliente, teniendo como elegir entre tráfico peatonal liviano, pesado y extra pesado. Dentro de las ventajas se pueden mencionar las siguientes:

- ✓ Soportar cargas vehiculares;
- ✓ No contaminan el ambiente;
- ✓ Abaratamientos de costos;
- ✓ Se pueden encontrar en barias formas y colores y;
- ✓ Amplia gama de formas para su colocación.

La cantidad de material a mezclar es dos quintales de cemento más la cantidad de arena y agua para la dosificación. Los pesos y volúmenes a elevar se dan en la tabla 2.2.

Tabla2.2. Pesos y volúmenes de adoquines (Adoquinesconcre, 2016).[34]

ADOQUINES		
MATERIAL	**m^3**	**Kg**
Arena	0.407	590.37
Cemento	0.036	50.000
Agua (9%)	0.040	39.86
Total 1	0.483	680.23
Total 2	0.965	1360.45

2.4.5. La fabricación del adoquín

Los adoquines prefabricados de hormigón resultan ideales para todo tipo de construcción según la necesidad del cliente, con una recomendación de 0,07/m de espesor y una resistencia promedio de 30 000 kg/m^2 o tráfico pesado y extra pesado En la tabla 2.3. Se exponen las características técnicas generales de los diferentes tipos de adoquines.

Tabla 2.3. Características técnicas (adoquinesconcre, 2016).[35]

Tipo	Dimensiones, (cm)	Peso por Unidad, (kg)	Unidades/ (m2)	Resistencia (Kg/m^2)
Diamante	8*20*22	11	30	21000
Tipo “I”	9*14, 5*19, 5	10	40	16000
ECO adoquín	10*44*44	45	5	21000
Cruz trafico liviano	10*22*24	18	20	14000
Cruz tráfico pesado	10*22*24	28	20	21000

Después de que la mezcla de concreto está lista, se la traslada a la máquina productora de los prefabricados, donde es vaciada en un molde para darle forma por un proceso de vibro compresión. Los moldes consisten en un marco con placas de separación o

divisorias. Las superficies interiores (que son las de desgaste) requieren ser cambiadas periódicamente, en la (Fig.2.4), se muestra uno de los moldes que se utilizan para la fabricación de adoquines.

Figura 2.4. Molde para la fabricación de adoquines (Godoy & Mora, 2009).[36]

La forma y la dureza de los agregados determinan la longevidad de las superficies interiores del molde. No es necesario reemplazar todas las partes de los moldes al mismo tiempo. Algunas partes pueden tener una vida más prolongada y pueden tolerar mayor desgaste que otras antes de ser cambiadas (Godoy & Mora, 2009).[37]

La realización de la compactación del hormigón por vibración, tiene varias ventajas que resultan primordiales; compacidad y ausencia de poros, lo que conduce a la obtención de mayor resistencia mecánica; disminución de la permeabilidad; mayor densidad y; economía de cemento. Esta última resulta muy importante, ya que de todos los materiales contribuyentes del hormigón el cemento es el más caro y el hormigón vibrado permite economizarlo hasta un 20%, en relación a las dosificaciones usuales (Frederick, 1992).[38]

La fabricación de adoquines en el Ecuador debe regirse por la norma técnica INEN 1488 1986-10. Esta regulación establece los requisitos necesarios para la fabricación de los adoquines de hormigón empleados en la pavimentación de áreas transitadas por vehículos y peatones.

En la norma se establecen las siguientes regulaciones:

1. El cemento utilizado en la fabricación de adoquines para pavimentación, cumplirá con las especificaciones de la norma INEN 152;
2. El árido fino, es decir aquel material que pasa por una malla de 5 mm, no debe contener más de 25% por masa de material soluble en ácidos, ya sea en la fracción retenida, o en la fracción que pasa por una malla de 600 µm. El material soluble en ácidos se define como material que se disuelve en una solución estándar de ácido clorhídrico, según la cantidad señalada en la Norma INEN 1 487. Los áridos deben cumplir con las especificaciones de la norma INEN 872;

3. El tamaño máximo nominal del árido no deberá ser mayor a 1/4 del espesor del adoquín;
4. Cuando se haga uso de cenizas volantes[1], éstas deberán satisfacer las especificaciones de la Norma INEN 1 501.
5. El contenido total de sulfato de la mezcla de hormigón, expresada como SO_4 deberá exceder del 4% por masa del cemento.
6. El contenido de sulfato se calculará de acuerdo al contenido de aquel elemento en el cemento, en los áridos (donde existe la posibilidad de aplicarlos) y en las cenizas volantes.
7. Cualquier pigmento en la coloración de adoquines deberá cumplir con la Norma BS 1 014 o similar, mientras no exista Norma INEN equivalente.
8. Los aditivos no deberán tener ningún efecto nocivo en el hormigón.
9. Se podrá llegar a un acuerdo entre las partes implicadas en cuanto a acabados de superficies especiales; ahora bien, cualquier capa especial de la superficie se deberá fundir como parte integral del adoquín. Por otra parte, todas las aristas deberán ser uniformes y estar limpias.
10. Se recomienda que la relación longitud/ancho en el plano no sea mayor de 2,0 y el espesor no deberá ser menor de 60 mm ni mayor de 100 mm. El espesor mínimo para tránsito peatonal será de 60 mm y para tránsito vehicular 80 mm. En la (Fig. 2.5.). A y B se muestra un esquema con la relación expresada anteriormente:

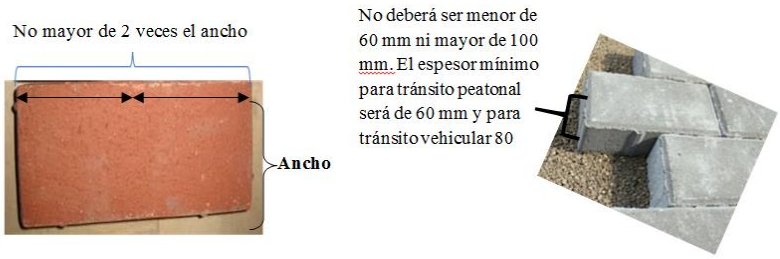


Figura 2.5. Esquema de adoquines. a) Dimensiones b) Forma de colocación.

11. El espesor de cada uno de los adoquines de muestra deberá comprender el valor de ± 3 mm del espesor nominal.
12. La longitud real de cada uno de los adoquines de muestra puede tener una tolerancia de ± 2 mm de la longitud nominal.

13. El ancho de cada uno de los diez adoquines de muestra puede tener una tolerancia de ± 2 mm del ancho nominal.
14. Cada lado deberá ser normal, tanto en la cara superior como la inferior, tomando en cuenta que la diferencia entre las dos lecturas medidas, no exceda de 2 mm, según lo descrito en la norma INEN 1486. Hay que tener en cuenta que cuando el diseño de un tipo especial de adoquín incluye lados perfilados, su perfil no se desviará más de 2 mm de lo especificado por el fabricante.
15. La superficie de rodamiento no deberá ser menor del 70% del área total del plano, cuando aquella sea el área limitada por un radio específico.

En la figura 2.6. Se muestran tres tipos de adoquines de los que se producen en las provincias de Pichincha, Cuenca y Guayas.

Figura 2.6. Tipo de adoquines fabricados en Ecuador (GPM, 2016a).[39]

2.4.6. Situación actual de la producción de adoquines prefabricados en el Ecuador y la provincia Manabí

Actualmente la producción ecuatoriana de adoquines se concentra en las provincias de Pichincha, Cuenca y Guayas, con precios que oscilan entre los 10,00 a 21,00 USD el m^2, es decir de 0,20 a 0,42 USD por unidad, más los costos de transportación cada m^2 de adoquines de 17,00 a 30,00 USD, lo que implica que precio unitario aproximado oscilara entre 0,34 a 0,60 USD (Nexdu, 2016 ; GPM, 2016a). [40]

En el caso de la provincia de Manabí la estrategia del GPM plantea que la producción de adoquines y otros materiales prefabricados se desarrolle de manera local, en el propio sitio o zonas donde se realizan las demoliciones y la posterior reconstrucción, lo cual implica el despliegue de una nueva estrategia de desarrollo local, lo que requiere el diseño de máquinas de pequeño formato y que ofrezcan facilidad relativa para su transportación. Esta política del gobierno busca abaratar el costo del m^2 de adoquines llevándolo a un precio final entre 5,00 USD y 8,00 USD, con un precio unitario

aproximado entre 0,10 a 0,16 USD (comunicación personal 2017).[41] Esto puede representar una reducción de más del 50% de los precios actuales mediante los que se adquieren estos materiales.

Otra de las ventajas de la política planteada por el GPM radica en el hecho de acometer su construcción con los materiales locales de las demoliciones y construcciones que se realizan en el territorio, representando un impacto positivo de la industria de materiales de la construcción en el territorio.

Todos estos aspectos permiten conducir que:

- ✓ El tratamiento de los residuales de la construcción no resulta un problema nuevo, pero a pesar de ello en la provincia de Manabí no ha existido una política adecuada que permita el reciclado de estos productos y su reaprovechamiento como materiales de construcción, contribuyendo de esta manera a reducir el impacto ambiental derivado de las construcciones.
- ✓ En el Ecuador, actualmente la fabricación de adoquines como material de construcción se realiza fundamentalmente en las provincias de Pichincha, Cuenca y Guayas. En la provincia de Manabí no se hace este tipo de producciones, existiendo la posibilidad de incursionar en su producción logrando precios unitarios que pueden resultar competitivos con la oferta de las provincias señaladas anteriormente.
- ✓ La fabricación de adoquines de hormigón en el Ecuador se rige por la norma técnica INEN 1488. 1986-10. Esta norma establece los requisitos técnicos de este aspecto.

CAPITULO III

3.1. Visualización del alcance del estudio

El estudio está dirigido al diseño de un prototipo de máquina mezcladora para la fabricación de adoquines con material reciclado de las demoliciones. El trabajo se dirige a la determinación de los parámetros de diseño a partir de simulaciones virtuales utilizando las novedosas técnicas CAD-CAE de simulación y diseño asistido por computadora.

Se realizaron entrevistas con operadores y propietarios como una vía de obtener datos y parámetros de diseño reales, así como parámetros de operación, de forma tal que se puedan contrastar con los resultados de los diseños.

Los resultados finales permiten contar con la documentación adecuada para la fabricación de un prototipo de máquina mezcladora, en función de hacer pruebas técnicas en función de corregir los parámetros de funcionamiento.

3.2. Aporte social y económico

Al usar las dosificaciones de los materiales reciclados permite que los adoquines cumplan con los márgenes de calidad exigidos en Ecuador, los fabricantes y demás interesados podrían tomar este estudio como punto de partida solido en cuanto a calidad, para disminuir el uso y explotación de los agregados naturales al remplazar la cantidad que garantice los niveles de calidad por agregados reciclados provenientes de demoliciones y así minorar la cantidad de costo económico y ambiental.

Este estudio pretendió aumentar el nivel de aceptación social, también de hacer conocer la disminución de costos en la fabricación de los adoquines, el nivel de competitividad de los productos de construcción con materia prima reciclable en el mercado, este proyecto puede ser visto como base por su factibilidad técnica para futuras investigaciones en los campos mencionados anteriormente.

3.3. Hipótesis y definición de variables

3.3.1. Nivel de investigación

Se puso en práctica la Investigación de Campo, definida como el proceso que, utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad actualidad. (Investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos.

Este tipo de investigación es también conocida como investigación in situ ya que se prevé realizar en el propio sitio donde se diseñará y construirá la máquina. Ello permite el conocimiento más a fondo del tema que se investiga, pudiendo manejar datos con más seguridad y con la posibilidad de soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes (efectos). Por tanto, es una situación provocada para introducir determinadas variables de estudio manipuladas, con el fin de controlar el aumento o disminución de esas variables y sus efectos en las conductas observadas. Con estos antecedentes se utilizó un tipo de investigación de campo, por cuanto corresponde a un tipo de diseño de investigación, que se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiendo cerciorarse de las condiciones reales en que se conseguirán los datos. En otras palabras, se efectuó una medición de los datos; en el caso propuesto, permitió obtener información respecto a un diseño que busca lograr eficiencia en el funcionamiento de la máquina mezcladora, reduciendo los costos de su producción.

3.3.2. Método

Durante el desarrollo de las investigaciones se recurrió al método de investigación cualitativa o no experimental mediante el desarrollo de entrevista dirigido a conocer las características y parámetro de operación de las maquinas mezcladoras.

Para el caso de la determinación de las dimensiones de la máquina y su régimen cinemático, así como sus parámetros se emplea la observación directamente en las condiciones de trabajo de las maquinas mescladoras

Finalmente se emplea el método de modelación matemática para la realización de los análisis de resistencia y funcionamiento de los elementos de máquinas.

3.4.Técnicas

3.4.1. Entrevista y encuestas.

Se realizaron entrevistas tanto de los operadores de máquinas mezcladoras, como los propietarios con el objetivo de obtener información sobre el principio de funcionamiento, la estructura, capacidad de trabajo, costos, ventajas y diferencias entre los distintos tipos de máquinas.

En el caso de las encuestas se elaboró previamente un cuestionario con el objetivo de conocer las características fundamentales de este tipo de máquina. El mismo fue confeccionado con la participación de especialistas de la Escuela Ingeniera Mecánica.

3.4.2. Diseño de la mezcladora.

El diseño de la mezcladora se basó en el empleo de las técnicas tradicionales basada en las normas AISI para el diseño de máquinas, así como las CAD/CAE para el diseño asistido por ordenador.

3.5. Desarrollo del diseño de Investigación.

3.5.1. Metodología para la entrevista de los dueños y operadores de las máquinas mezcladoras.

Como una investigación inicial se realizó una entrevista a los diferentes dueños y trabajadores de las diferentes fabricas con ánimo de obtener datos que nos ayuden al modelado del prototipo.

3.5.2. Definición y selección de la muestra

3.5.2.1. Población y muestra

Dueños y Empleados de las Fábricas de Adoquines en la Vía Portoviejo – Crucita, comprendido entre el kilómetro 2 ½ y 3 ½.

3.5.2.2. Población y muestra.

La población muestra para la entrevista resultó el total 11 de los trabajadores que operan las máquinas de mezclado y los 11 dueños de las fábricas de bloques en el territorio.

3.5.2.3. Definición y selección de la muestra

La población muestra lo constituyen un grupo de 6 fábricas de materiales de la construcción radicadas en el cantón Portoviejo, donde fueron entrevistados 11 propietarios y operadores de las máquinas mezcladoras, con el objetivo de obtener información sobre la tecnología que poseen, sus características, principios de funcionamiento, materiales que utilizan, formas de adquisición de las máquinas y precios.

Las fábricas de materiales de la construcción que fueron objeto del estudio son las siguientes:

1. San Marcos
2. Leo
3. La Cantera
4. Fábrica de Bloques
5. El Gato
6. Rocadura

La entrevista realizada se muestra en el anexo 1.

3.5.3. Metodología para el cálculo y selección de los elementos de la transmisión mecánica.

Para el cálculo y selección del tipo de transmisión y sus elementos, en este caso se partió de la elaboración del esquema cinemático de dicha transmisión, según las indicaciones de las normas (NTE INEN-150 3952-1; NTE INEN-150 3952-2) posteriormente se realizaron los cálculos de la relación de velocidad, potencia, transmisión y perdidas en las transmisiones. Finalmente se selecciona la fuente energética a utilizar en la máquina.

3.5.4. Cálculo de la demanda de potencia del sistema de mezclado.

Como paso previo al cálculo de la potencia demandada por los órganos de trabajo de la mezcladora se calculó la velocidad periférica de la misma. El tipo de mezcladora a utilizarse es de tipo turbina, por lo tanto, el diseño del mezclador depende de la velocidad de giro de las paletas y de las fuerzas que ejercen las mismas sobre el material a mezclar. La velocidad periférica de los removedores se determina según la ecuación 1, siendo:

$V = 2.\pi.n.r$ Ec. 1

Dónde:

n, velocidad de rotación del removedor, rpm;

r, radio del depósito de concreto, m.

3.5.5. Posteriormente se realizó el cálculo de la Fuerza (P) ejercida por los removedores.

Los removedores de la mezcladora- Se toman en cuenta la profundidad el área de remoción y el coeficiente de resistencia al mezclado del concreto, siendo:

$P = a.\ b.\ K.\ nc$ Ec. 2

Dónde:

a, profundidad de trabajo del removedor, m;

b, ancho de trabajo del removedor, m;

k, resistencia Específica al Mezclado del Concreto, MPa.

nc, número de removedores

3.5.6. Cálculo de la demanda de Potencia (Nr.).

Toma en cuenta la fuerza de tiro calculada y la velocidad periférica

$Nr = P.V$ Ec. 3

3.5.7. Cálculo del Torque requerido para el mezclado del concreto.

$$T = \frac{30.Nr}{\pi.n.r}$$ Ec. 4

Obteniendo de la ecuación 4 el valor del torque el cual nos sirve para realizar el análisis de fatiga del árbol de transmisión.

T= 633.98 N.m

3.5.8. Cálculo de la productividad Teórica del Conjunto.

En función de los datos arrojados por los cálculos realizados vamos a obtener del volumen total por cada ciclo de trabajo ejecutado.

De donde:

B= Ancho del Depósito B= 1.92/2 m B= 0.96m

t= Tiempo de Mezclado t= 3min

Ca= Coeficiente de Aprovechamiento Ca= 1hr/t Ca= 20min

Los cuales son remplazados en la ecuación 5

$$W= (a. B^2. \pi). Ca \qquad \text{Ec. 5}$$

Para el cálculo de estos elementos se programó la secuencia de cálculo en el software MathCAD 15, la misma permitió calcular de forma automatizada los parámetros, en el Anexo 1 se muestra un ejemplo de la hoja de cálculo desarrollada.

3.5.9. Cálculo de los parámetros cinemáticos y demanda de potencia de la transmisión.

Para el cálculo de la demanda de transmisión de los órganos de trabajo, se tomó una caja reductora, uniones elásticas las y un árbol. Al tener estos parámetros se tiene en cuenta que las revoluciones del eje de salida del motor deben reducirse de forma tal que se garantice alrededor de las 40 revoluciones que emplean estas máquinas durante el mezclado, garantizando la potencia necesaria para el giro de los removedores (Fig. 3.1.). De igual forma se calcularon las pérdidas de potencia en cada uno de los escalones y apoyos de la transmisión.

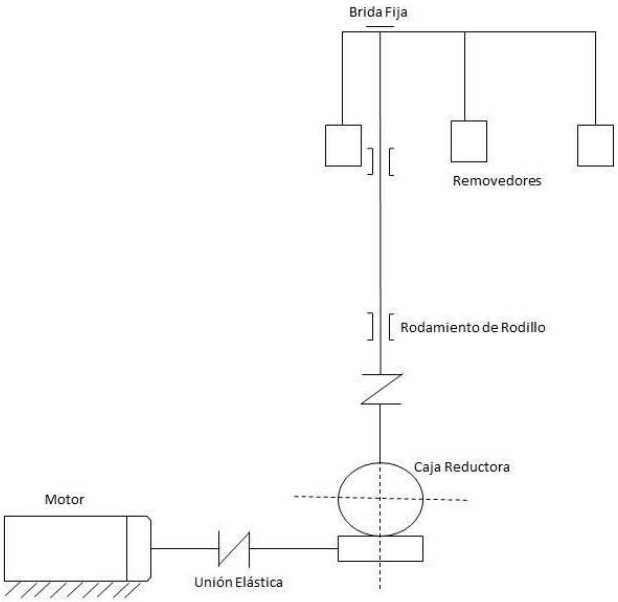


Figura 3.1. Esquema Cinemático

3.5.10. Cálculo de la potencia demandada de potencia de los órganos mezcladores.

Para poder conocer la potencia demanda primeramente se determina la potencia demanda por los órganos removedores y posteriormente se determinan las pérdidas de la transmisión, a partir de las cuales se puede hacer la selección del motor, pues la potencia del motor. Debe satisfacer la demanda de potencia del órgano de trabajo y suplir las pérdidas.

3.5.11. Metodología para el análisis de la resistencia de los elementos de la máquina.

Para el análisis se recurrió al método de los elementos finitos, mediante las utilidades para la simulación asistida por computadora (CAD-CAE) que brinda el menú de simulación del Software SolidWorks 2016.

3.5.12. Desarrollo del modelo virtual.

En el desarrollo de este proyecto se tomaron en base a medidas estandarizas las cuales fueron medidas experimentalmente mediante mediciones en las máquinas reales que se encuentran en las fábricas de adoquines asentadas en la vía Portoviejo-Crucita (Fig. 3.2.).

Figura 3.2. Mediciones experimentales de las dimensiones de las máquinas mezcladoras empleadas en la zona objeto de estudio.

Como instrumentos de medición fundamentales se utilizó el flexómetro y el Pie de Rey de exactitud 0.01 y 1 mm, respectivamente (Fig. 3.3.).

a) b)

Figura 3.3. Instrumentos de medición empleados en las mediciones. a) Flexómetro; b) Pie de Rey

3.5.13. Desarrollo del modelo virtual.

Como paso inicial al análisis de resistencia de los elementos de la máquina se desarrolló un modelo virtual 3D de la misma, mediante la utilización del software SolidWorks 2016 (Fig. 3.4.), especializado en diseño y dibujo asistido por ordenador (CAD- CAE).

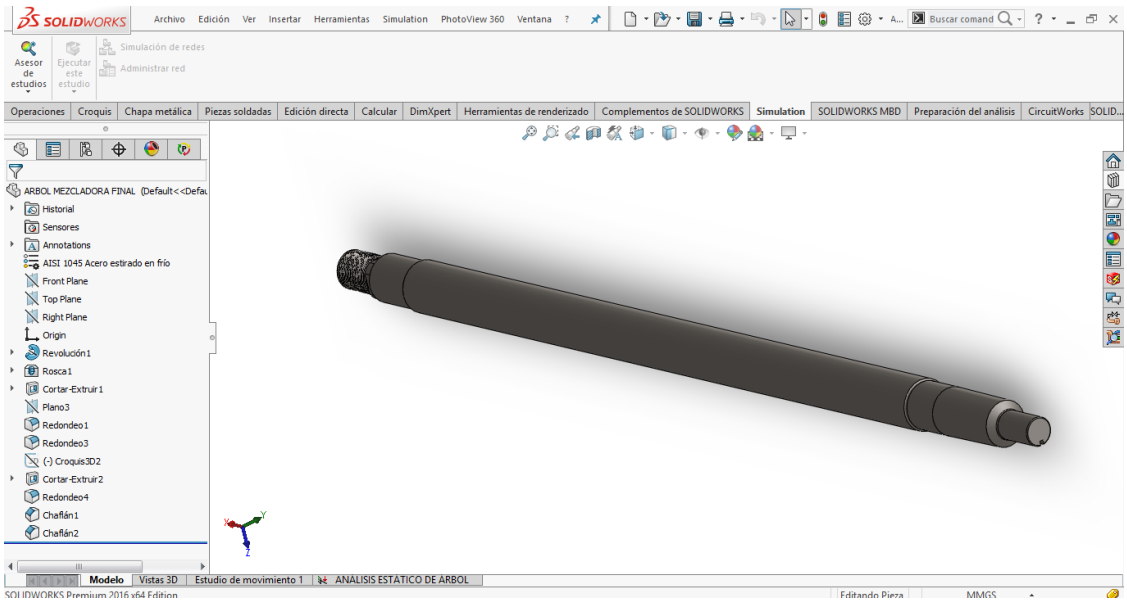


Figura 3.4. Modelo Virtual.

3.5.14. Definición de la condición de frontera.

El establecimiento de estas condiciones comprendió restricciones del desplazamiento y la rotación del árbol motriz en el los tres ejes de coordenadas (x, z, y) en el extremo que transmite el torque a los órganos de trabajo (Fig. 3.5.). Se le aplicó un torque de 634 N.m en la zona de acoplamiento de la caja reductora con el árbol, equivalente al torque demandado por los órganos de trabajo durante el mezclado del concreto. De igual forma se colocaron dos sujeciones del tipo soporte de rodamiento en las zonas de colocación

de los rodamientos que simulan el empleo de cojinetes de rodamiento, las cuales limitan el movimiento del árbol a la rotación en el plano de rotación.

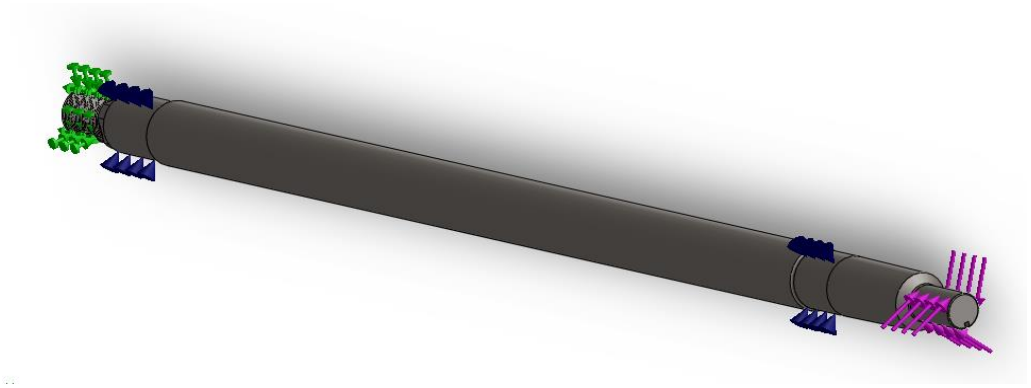


Figura 3.5. Condiciones de Frontera

3.5.15. Mallado o discretización de los modelos virtuales.

Una vez desarrollado el modelo virtual, y definida las condiciones de carga y de frontera se realizó la discretización del modelo virtual a partir del mallado paramétrico empleando elementos sólidos tetraédricos 3D, (Fig. 3.6.). El mallado generó 72 966 nodos y 48 205 elementos.

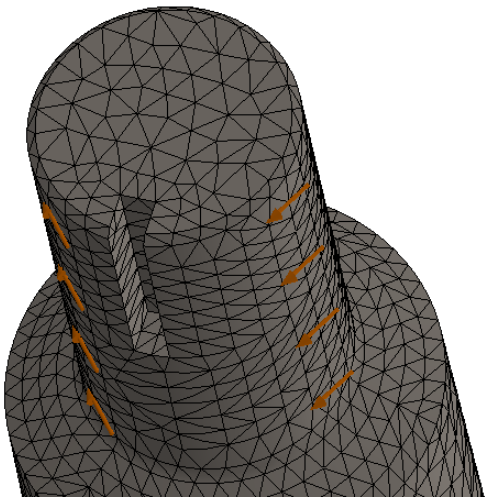


Figura 3.6. Generación de mallado en el eje motriz

3.5.16. Metodología para la selección de los rodamientos.

Para la selección de los rodamientos se empleó la utilidad Calculadora de rodamientos de SolidWorks (Fig. 3.7.).

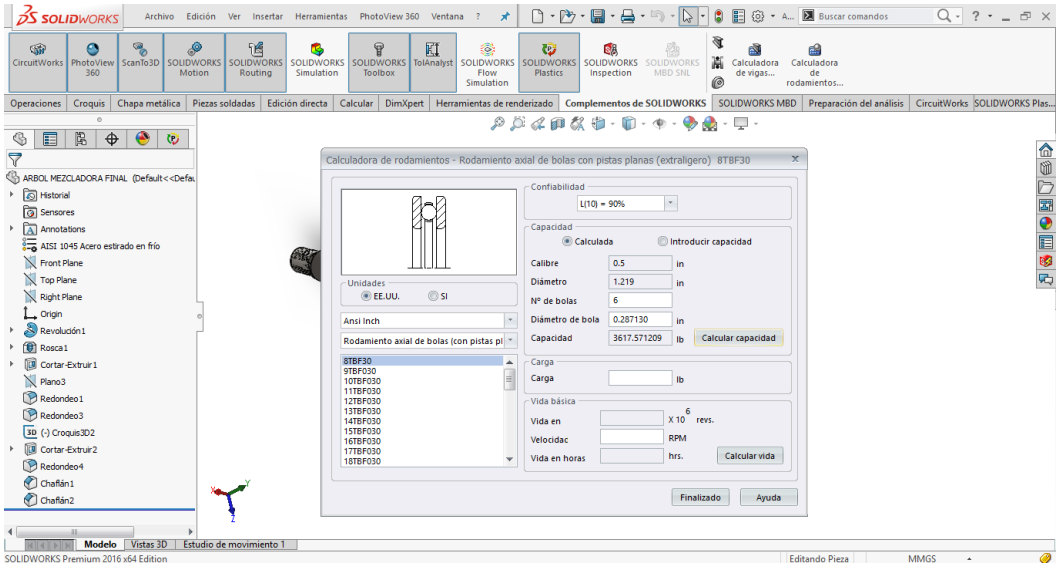


Figura 3.7. Generación de mallado en el eje motriz

La selección partió de la determinación previa de las reacciones generadas en los apoyos (Fig.3.8.). Con la aplicación para el cálculo de las reacciones de SolidWorks, se obtiene su magnitud y sentido, lo cual permite realizar la selección del tipo de rodamiento tomando en cuenta una norma específica (SKF) y una duración o vida límite prefijada.

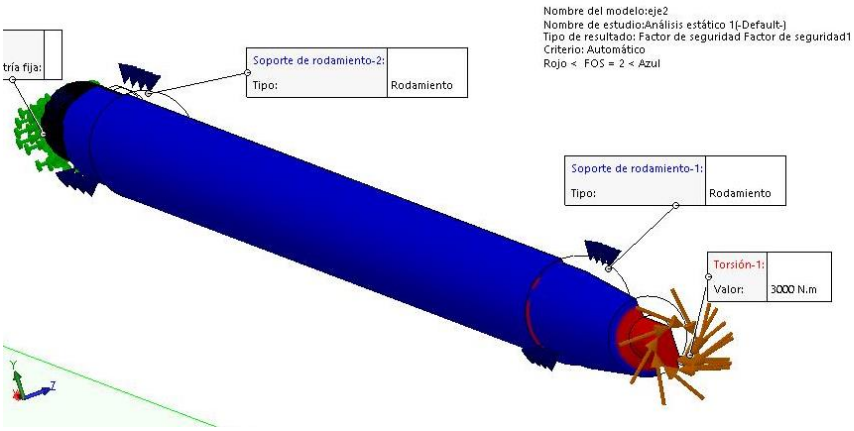


Figura 3.8. Selección Asistida de los rodamientos

3.5.17. Metodología para el cálculo de la sostenibilidad del diseño.

La sostenibilidad del diseño de la máquina se determinó a partir de la elaboración de una ficha de costo, que comprende los gastos fijos y variables en los cuáles se incurre durante la elaboración de la máquina. Los precios de los materiales y elementos estándares empleados tales como tornillería, accesorios, motor y rodamientos, entre muchos otros se tomaron a partir de las proformas elaboradas las casas comerciales o comercializadoras que se dedican a este tipo de actividad. Las necesidades de materiales

se determinaron a partir de los planos de piezas y elementos de la máquina. También se emplearon las utilidades de SolidWorks para el cálculo paramétrico de la masa y volúmenes, entre otras.

Una vez conformada la ficha se hace una comparación del precio unitario de la máquina con el precio de la máquina base que sirve de comparación, según:

$$EC = Precio\ Unitario\ de\ la\ Máquina\ Nueva - Precio\ Unitario\ de\ la\ Máquina\ Base$$

Dónde: EC-Efectividad económica de la máquina, USD.

CAPITULO IV.

4.1. Resultado de las encuestas a los dueños y operadores de las máquinas mezcladoras

4.1.1. Material que se comercializa

Los resultados de las entrevistas mostraron que la producción en las fábricas se dirige fundamentalmente a la fabricación de bloques en un cincuenta y cinco, en adoquines un cuarenta y cinco por ciento En esta zona no se fabrica ladrillos ni otros.

Se pudo comprobar que las seis fábricas estudiadas se dedican básicamente a la fabricación de bloques de construcción y adoquines, los mismos han introducido tecnologías específicas para la fabricación de los mismos.

Tabla 4.1. Características de materiales usados en la fabricación del adoquín.

Material	Entrevistados	Frecuencias	Porcentaje
Bloque	11	5	55
Adoquines		6	45
Ladrillos		0	0
Otros		0	0

4.1.2. Características de las máquinas mezcladoras empleadas en la zona de estudio

La investigación permitió verificar que la capacidad predominante de la máquina mezcladora varía de 1,5 a 2 m^3 de mezcla en cada tanda; la potencia del motor oscila de 5 a 7 HP. La velocidad de rotación de la fuente energética (motores eléctricos) 1750 rpm, predominando la transmisión por corona; la fuente energética en su totalidad es la electricidad; con un consumo energético promedio de 3 A 4 kWh.

Tabla 4.2. Características técnicas de las máquinas mezcladoras empleadas en las zonas de estudio.

Características técnicas	Capacidad	Entrevistados	Frecuencias	Porcentaje
Capacidad	1,5-2 m^3	11	11	100
Potencia del motor	5-6 H		8	73
	6-7 H		3	27
Velocidad de rotación	1750 RPM		11	100
Tipo de transmisión	Corona		6	55
	Sin fin		5	45
Fuente de energía	Electricidad		11	100
Consumo energético	3-4 kWh		11	100

4.1.3. Proceso de operatividad de la máquina mezcladora.

Es importante señalar que se toman en cuentas dos procedimientos técnicos que son muy parecidos y se destacan en ambos casos las actividades de encendido, mezclado, vaciado y limpieza. Esta última actividad reviste mucha importancia dada la naturaleza de los materiales que se utilizan.

En el proceso operativo de la máquina mezcladora predominan 2 procedimientos:

Procedimiento A.

Tabla 4.3. Características técnicas del proceso de operatividad de la máquina mezcladora.

Actividad	**Entrevistados**	**Frecuencias**	**Porcentaje**
Mantenimiento	11	4	36
Encendido			
Mezclado			
Vaciado			
Limpieza			

Procedimiento B

Tabla 4.4 Características técnicas del proceso de operatividad de la máquina mezcladora.

Actividad	Entrevistados	Frecuencias	Porcentaje
Encendido	11	7	64
Llenado			
Mezclado			
Vaciado			
Limpieza			

En esta variante se determina un proceso de operatividad muy diferente, este fue tomado por el personal de trabajo de las diferentes fabricas las cuales se implementada de manera empírica.

4.1.4. Tipo de material que se utiliza.

Se pudo comprobar que, en el ciento por ciento de las fábricas de materiales de la construcción estudiadas, se utilizan los mismos materiales básicos.

Tabla 4.5. Características del tipo de material que se utiliza.

Actividad	Entrevistados	Frecuencias	Porcentaje
Cemento	11	11	100
Chasqui			
Piedra			
Arena			
Agua			

4.1.5. Detalle sobre la adquisición de los equipos

La investigación permitió comprobar que en la mayoría de los casos las máquinas mezcladoras fueron compradas y solamente en uno de ellos no se tiene precisada la forma de adquisición de la máquina, estimándose que fue construida por esfuerzos propios; en la mayoría de los casos las fábricas se encuentran operando fuera de la provincia y los materiales se comercializan en el territorio; Los precios de adquisición de la máquina mezcladora oscilan entre cinco mil y ocho mil dólares, predominando los precios entre siete mil y ocho mil dólares.

Tabla 4.6. Características del tipo de material que se utiliza.

Detalle	Forma/lugar	Entrevistados	Frecuencias	Porcentaje
Forma de adquisición	Fabricación		0	0
	Compra		10	91
	Otros		1	9
Lugar de operación	Quito		3	27
	Riobamba		3	27
	Ambato		4	37
	Manta		1	9
Precio	5.000-6.000		1	9
	6.000-7.000		4	36
	7.000-8.000		6	55

4.2. Análisis de los resultados del diseño de la máquina.

4.2.1. Descripción de la máquina y como funciona. Remites a los anexos con los planos

La máquina mezcladora está equipada con un motor de 5 HP (1) con una velocidad de giro de 1750 rpm de las que en el órgano mezclador se aprovechan 40 rpm reducidas mediante una caja reductora (2) con una relación de 45 a 1 .El llenado de los materiales se realiza por la parte superior, el depósito de mezclado está diseñado con una tolva de descarga (3) que se acciona manualmente al momento del termino de cada proceso, el

prototipo es de características de una mezcladora forzada de un solo árbol, con tres brazos(4) cada uno con su respectiva reja mezcladora. La máquina cuenta con tres soportes o patas (5) con la altura necesaria para garantizar el menor esfuerzo durante el llenado y descarga como indica la figura 4.1.

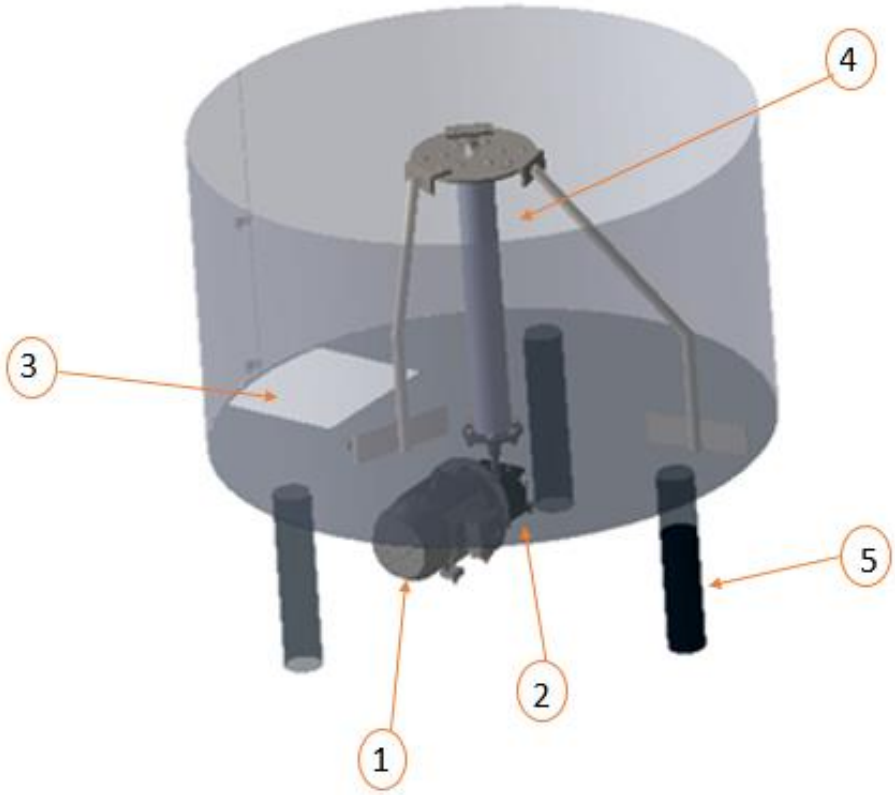


Figura 4.1. Diseño final de la maquina mescladora.

La mezcladora tiene un diseño modular que reduce el tiempo de mezcla en cada periodo, la mezcladora otorga una capacidad desde 0,5 m^3 a 1 m^3 de material. La máquina tiene un volumen de mezclado de 30,4 m^3. Es adecuada para el desarrollo de los diferentes tipos de adoquines.

En este caso nos permite cumplir las exigencias actuales en el mercado y así poder poner este producto a competir con la mayoría de las maquinas.

La especificación arrogada por este estudio nos demuestra los siguientes datos demostrados en la tabla 4.7. Estos datos son de suma importancia al momento de la ejecución y puesta en marcha de este prototipo.

Tabla 4.7. Características del tipo de material que se utiliza.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Ancho	mm	350
Alto	mm	525
Voltaje	V	220/330
Peso	Kg	96
Altura de llenado	mm	1400
Altura de vaciado	mm	600
Revoluciones	rpm	30-40

En la ejecución de este prototipo tendremos en cuenta cada uno de las láminas en las cuales se representa esa forma gráfica cada uno de los detalles de fabricación, la figura 4.2. Nos ilustra detalles tales como dimensiones de la máquina y en el anexo 3 tendremos más detalles de la misma.

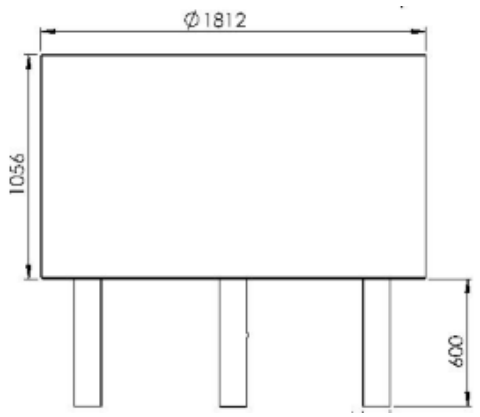


Figura 4.2. Dimensiones de la máquina.

4.2.2. Resultados del cálculo de la resistencia del árbol

Los resultados mostraron que el árbol es capaz de resistir a los esfuerzos actuantes sobre los órganos de trabajo pues las máximas tensiones (Von Mises) máximas alcanzan valores de 295 KPa, es decir no sobrepasan las tensiones de fluencia límites del material (530 KPa), en la figura 4.3, se me muestra la distribución de tensiones y la zona más cargada que coincide con la de aplicación del torque.

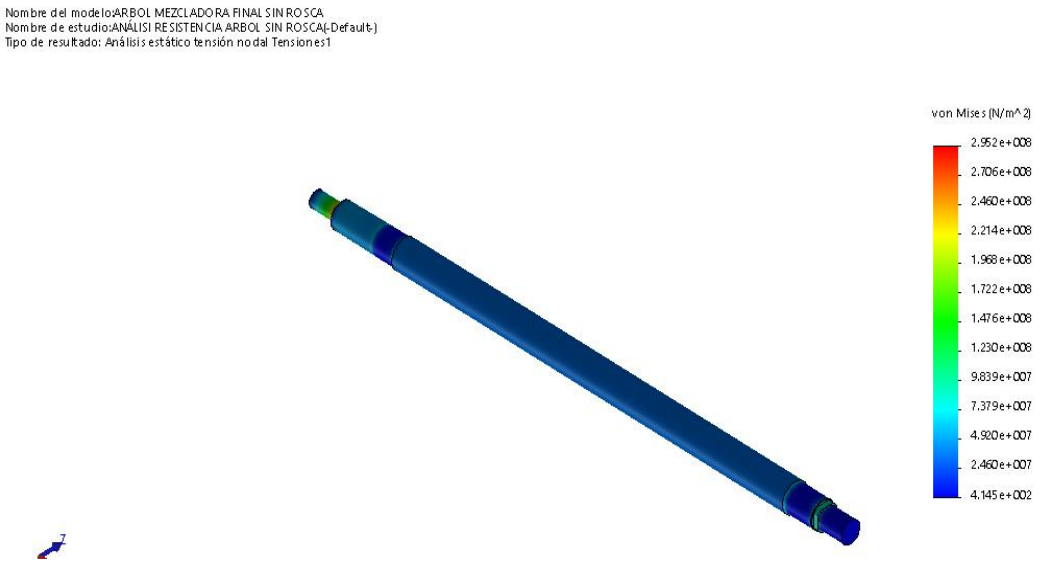


Figura 4.3. Dimensiones de la máquina.

En la figura 4.4. Se muestra un detalle de la distribución de tensiones en la zona más cargada del árbol, mostrándose que la zona del escalón es la que tiene una mayor concentración de tensiones, aunque no sobrepasa el límite deformación elástica del material del árbol.

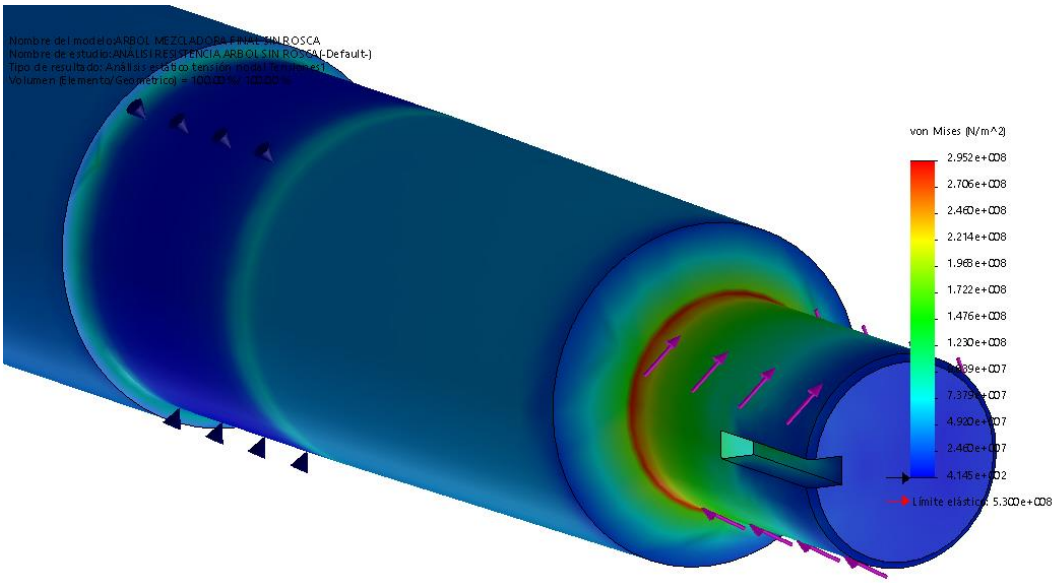


Figura 4.4. Tensiones de Von Mises

4.2.3. Deformación.

El análisis de la deformación de árbol mostró que el mismo posee la rigidez necesaria para soportar los esfuerzos actuantes sobre el mismo (Fig. 4.5), pues la deformación

máxima es de 0,00097 mm lo cual evidencia la rigidez del árbol ante el régimen de carga impuesto.

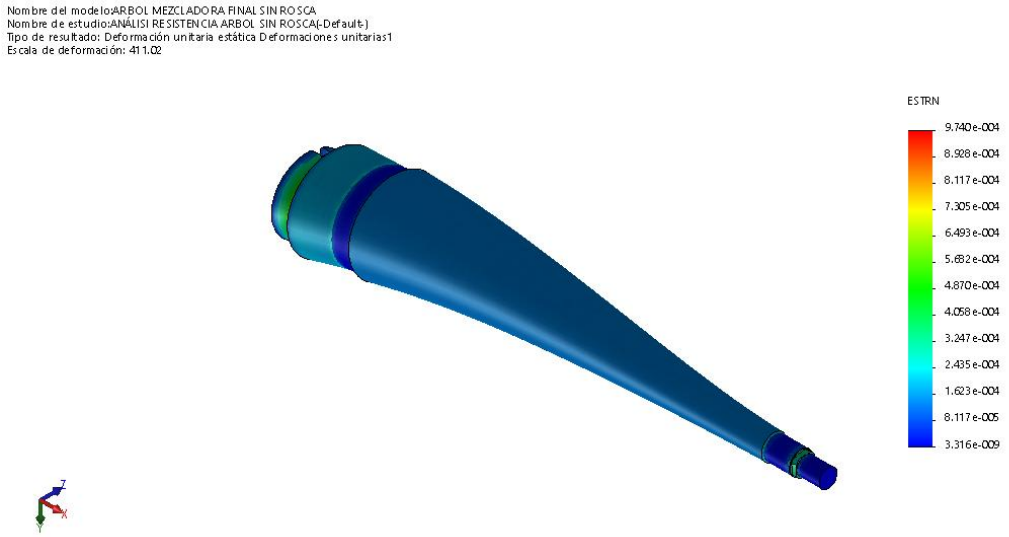


Figura 4.5. Deformaciones unitarias.

4.2.4. Factor de seguridad

La determinación del Factor de Seguridad del árbol y su distribución muestra (Fig.4.6), que el mismo resiste el régimen de carga impuesto durante el trabajo de la mezcladora, pues el mismo toma valores mínimos de dos en las zonas más cargadas.

Figura 4.6. Distribución del factor de seguridad.

4.2.5. Resultados de La determinación de las reacciones en los apoyos.

La determinación de las reacciones en los apoyos se muestra en la figura 4.7. estas fuerzas cortantes en, Y de 1847.6 N, y en Z de 66.73 en conjunto con una fuerza axial para x de 106.67 N nos arroja resultados que son determinados por el software después de haberla sometido a una tensión, los rodamientos escogidos en este diseño tiene una fuerzas Resultante (SFr) de 1847.6 N, con este resultado satisface las exigencias de los apoyos en la máquina, esta resultante supera el límite exigido de nuestro prototipo.

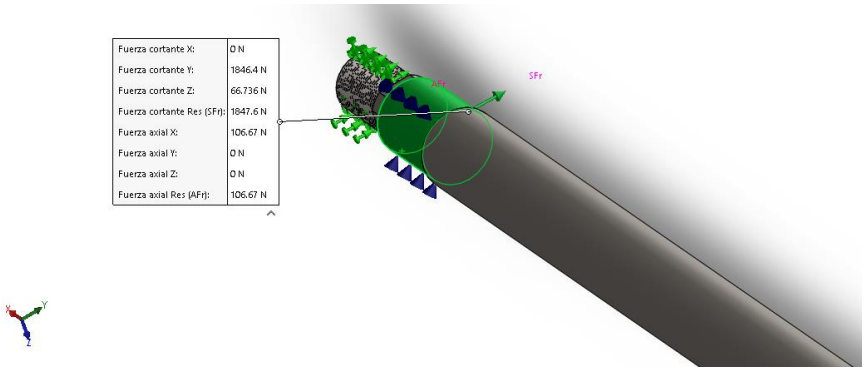


Figura 4.7. Determinación del primer apoyo.

Para determinar el segundo apoyo ilustrado en la figura 4.8. se toma en cuenta fuerzas cortantes en, Y de 1155,1 N, y en Z de 1.7717 N en conjunto con una fuerza axial para x de 1.1551 N nos arroja resultados que son determinados por el software después de haberla sometido a una tensión, los rodamientos escogidos en este diseño tiene una Fuerzas Resultante (SFr) de 1.1551 N, con este resultado satisface las exigencias de los apoyos en la máquina, esta resultante supera el límite exigido de nuestro prototipo.

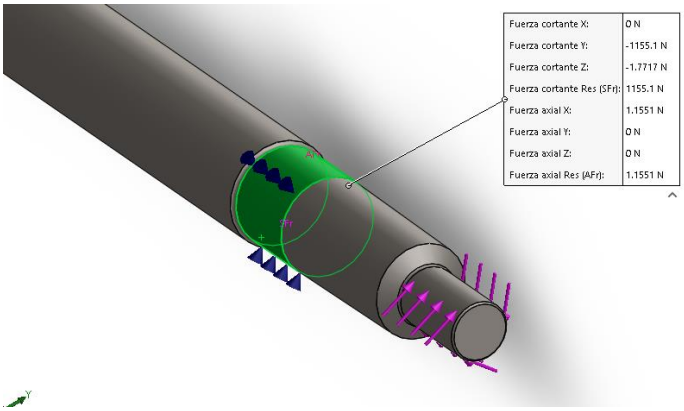


Figura 4.8. Determinación del segundo apoyo.

4.2.6. Resultados de los cálculos para la selección de los rodamientos.

Dada la calidad de los rodamientos de la marca SKF se seleccionaron este tipo de rodamientos para la máquina (Fig. 4.9.) para la previa selección. Se seleccionaron cojines de rodamiento del tipo Rodamientos de Rodillos de forma tal que estos puedan soportar las cargas axiales y radiales que surgen como reacciones de los elementos de transmisión de potencia de la máquina. Tomando en cuenta que le díametro del árbol en la zona de los apoyos es 50 mm, el tipo de rodamiento es cogido fue 81110.

A partir de estos elementos se determinaron las características de los rodamientos en función de que resistiera la carga resultante 1155,1 N Figura 4.9.

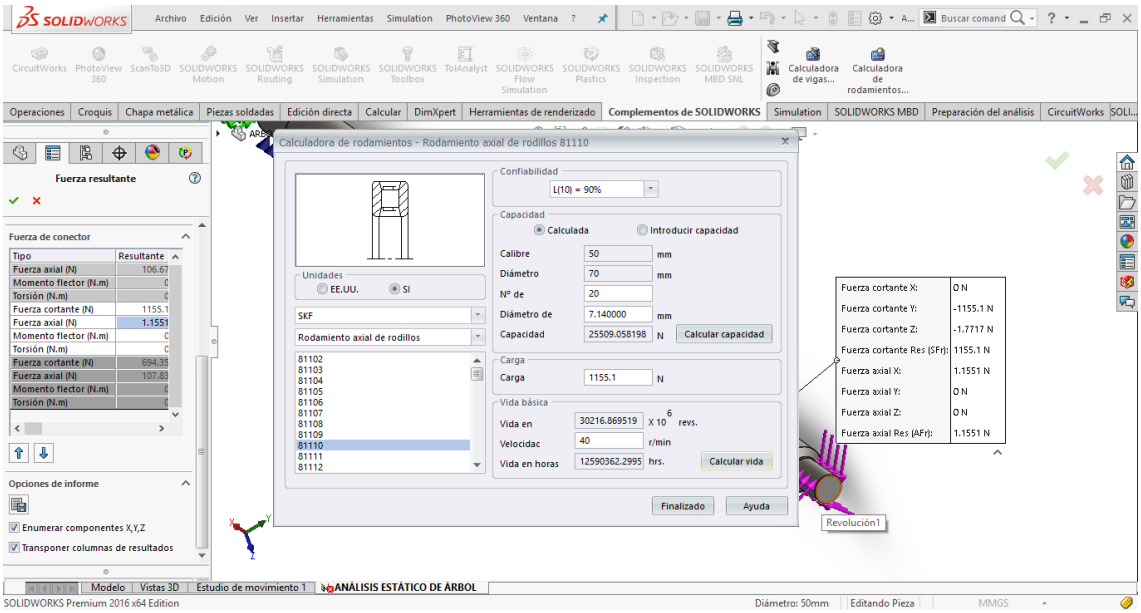


Figura 4.9. Calculadora para la selección de rodamiento.

En la figura 4.9. se muestra el diametro externo del rodameinto (70 mm). Los resultados evidencian que este tipo de rodamiento es capaza de soportar las cargas ipuestas tomando en cuenta que la capacidad de carga este va a ser de 25 509,05 N. Por otra parte el análisis de la vida útil del rodamiento muestra que el mismo tienner una vida util muy prolongada aproximadamente 125 903 62,9 h

4.2.7. Material usado

Para la elaboración de la maquina se tomó en cuenta los componentes tomados de muestras en las fábricas y analizando cada uno de las estructuras de ellos, después del estudio finito se determinó que el material a usar es descrito en la siguiente tabla 4.8.

Tabla 4.8. Resultado del material empleado

Propiedades		Componentes
Nombre:	AISI 1045 Acero estirado en frío	Maquina Mescladora
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
Límite elástico:	5.3e+008 N/m^2	
Límite de tracción:	6.25e+008 N/m^2	
Módulo elástico:	2.05e+011 N/m^2	
Coeficiente de Poisson:	0.29	
Densidad:	7850 kg/m^3	
Módulo cortante:	8e+010 N/m^2	
Coeficiente de dilatación térmica:	1.2e-005 /Kelvin	

4.3.Análisis de datos.

4.3.1. Elaboración del reporte de resultados

Los resultados analizados anteriormente permiten definir la conveniencia de realizar el diseño y proponer la construcción de una máquina mezcladora para la fabricación de adoquines, para lo cual se han utilizado los datos y cálculos realizados durante la investigación, aprovechando las bondades que ofrece el software SolidWorks.

4.3.2. Datos técnicos

En la tabla 4.9. se muestran los datos que sirvieron de punto de partida para el diseño de la máquina mezcladora de materiales de la construcción.

Tabla 4.9. Datos técnicos para el diseño de la máquina mezcladora

Parámetro	Especificación
Opción olla	Metal
Capacidad de mezcla (m)	0.50
Capacidad (sacos)	½
Volumen total de olla (m)	0.50
Producción (m3)	30.41
Ciclo de producción (min)	5
Velocidad de olla (RPM)	30-40
Peso con motor (Kg)	96
Largo (m)	1.8
Ancho (m)	0,90
Altura (m)	1,5
Altura (m)	1,5
M Power 5 HP	Si

4.3.3. Resultado de análisis de sostenibilidad económica de la máquina.

El análisis de sostenibilidad determina la factibilidad económica del prototipo lo cual involucra cuantos gastos directos, indirectos y el precio unitario de venta.

Los gastos directos en este diseño son de 3 155,62 USD, este indica el régimen de precio de producción por cada unidad producida teniendo gastos indirectos 165,42 USD los cuales pueden disminuir según el volumen de ventas aumentando el régimen de ganancia., para finalizar tenemos el valor del costo unitario por máquina de 4,475 USD al cual será vendido al público.

Tabla 4.10. Resultado del análisis costo de producción

	UTM		
	FACULTA DE CIENCIAS MÁTEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS		
	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Fichas de precios y su componentes			
Empresa: Escuela de Ing. Mecánica		Código:108.0.01051	
Organismo:	Plan de Producción:	1	Cap. instalada:
Producto o Servicio:	MEZCLADORA DE CONCRETO UTM-		
Código. Prod. o Serv:		U/M:	Prod. Per. Ant:
Conceptos de Gastos		**Fila**	**Total Unitario**
Materia prima y Materiales		1	2 244,52
Costos de Manufactura		2	911,10
Subtotal (Gastos de Elaboración)		**3**	**3 155,62**
Otros Gastos Directos (0.001% de 6)		4	3,15
Gastos de Fuerza de Trabajo		5	150,00
Subtotal (Gastos Directos 3+4+5)		**6**	**3 308,67**
Gastos Indirectos de Producción (0.1% de 6)		7	33,08
Gastos de Distribución y Ventas (0.03 % de 6)		8	99,26
Gastos Bancarios (0.001% de 6)		9	33,08
Subtotal (Gastos Indirectos (6+7+8+9)		**10**	**3 474,09**
Margen de Utilidad Sobre la Base Autorizada (15 % de 6)		11	521,11
PRECIO POR UNIDAD		12	3 995,20
IVA (12%)		13	479,72
PRECIO POR UNIDAD INCLUIDO IVA		14	$ 4 474.62
TOTAL		**15**	**$ 4 475**
		Firma	**Fecha**
Elaborado Por: Carlos Andrade, Linger Conforme			Agosto 2017
Aprobado por: Dr. C. Miguel Herrera Suárez Tutor; Ing. Efrén Pico Gomes Revisor.			Septiembre 2017

4.3.4. Análisis económico de los materiales y materia prima

En la tabla 4.11. Se muestra el resultado del análisis económico relacionado con los materiales usados para la construcción de la máquina de mezclado de materiales de la construcción.

Tabla 4.11. Resultado del análisis económico

	UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI			
	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			
PROFORMA DE MATERIALES		Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	Rondamientos cónicos (eje de motor) de 110*25*32	2	16.00	32
2	Rondamientos de 54*30*12 (caja reductora)	2	11.50	23
3	Rondamientos de 54*15*12 (caja reductora)	1	9.8	9,8
4	Rondamientos de 40*20*12 (caja reductora)	1	9.11	9,11
5	Plancha de acero laminado en frio de 6mm	5	57	285
6	Plancha de acero	½	28.5	14,25
7	Tubo de 1_4^1de 4mm de espesor	1	32	32
8	Tubo de 116mm de diámetro x 6mm de espesor	1	55	55
9	Acero de transmisión de 52mm de diámetro	1,5	76	114
10	Acero de transmisión de 25mm de diámetro	0,5	42	21
11	Acero de trasmisión de 52mm de diámetro	0,3	11.20	3,36
12	Estudio y diseño de la maquina	1	550	550
13	Motor 5 hp	1	496	496
14	Mano de obra (3 semanas de trabajo)	2	600	600
	TOTAL	2.244,52		

4.3.5. Efectividad económica de la máquina.

Para resumir en este punto tomaremos en cuenta los costos de las maquinarias ya existentes y pondremos en comparación con el precio del prototipo y podremos obtener el régimen de ahorro por la adquisición de este modelo.

$$\mathrm{EC} = 7{,}000\ \mathrm{USD} - 4.475\ \mathrm{USD}$$

$$\mathrm{EC} = 2{,}525\ \mathrm{USD}$$

5 Conclusiones

1. El trabajo permitió realizar el diseño de una máquina mezcladora de materiales reciclados de la construcción para la elaboración de adoquines prefabricados;
2. El análisis de resistencia mostró que la máquina es capaz de soportar los esfuerzos a los cuáles es sometida durante el trabajo de mezclado.
3. Los indicadores de productividad y capacidad de mezclado de la nueva máquina evidencian que la misma satisface los estándares de las máquinas que se emplean actualmente en la producción.
4. Los resultados del análisis de factibilidad económica de la máquina muestran que la misma posee un precio unitario de 4,475 USD, y una efectividad económica de 2,525 USD.
5. Las características de la máquina diseñada garantizan la posibilidad de fabricación seriada en los talleres convencionales de metal-mecánica de la provincia Manabí.

6. Recomendaciones

1. Los resultados del trabajo permiten recomendar a las autoridades de la provincia de Manabí, la construcción de un prototipo de la máquina diseñada para la realización de pruebas de funcionamiento.
2. Continuar trabajando en la optimización del diseño y búsqueda materiales e insumos más baratos de forma tal que se puedan reducir los costos de fabricación de la máquina haciéndola más competitiva en el mercado.

7. Cronograma Valorado

	TIEMPO EN MESES																								RECURSOS			COSTOS UDS.
	1 - 3				4 - 6				7 - 9				10 - 12				13 - 15				16 - 18				HUMANOS	MATERIALES	OTROS	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Elección del tema																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Mecánica y Autores		Varios	10,0
Selección de fuentes bibliográficas																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Mecánica y Autores	Textos, Folletos e Internet	Varios	10,0
Diagnóstico de la comunidad																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Mecánica y Autores	Libros e Internet	Varios	20,0
Estudio de las necesidades del medio																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Mecánica y Autores	Fotocopias, cuadernos de apuntes, folletos, carpetas, lápices, laptops.	Movilización	60,0
Planificación de actividades para la factibilidad del tema																									Autores	Fotocopias, cuadernos de apuntes ,lápices	Varios	300,0
Investigación del marco teórico																									Autores	Internet, textos , folletos	Varios	50,0
Ejecución y evaluación del proyecto																									Autores	Fotocopias, cuadernos, carpetas, lápices.	Varios	100,0
Diseño y cálculo de la maquina mescladora.																									Investigadores de la carrera de Ingeniería Mecánica y Autores	Laptops, software s de diseño (CAD, CAE).	Varios	700.0
Presentación del proyecto final al tutor y revisor del trabajo de titulación																									Autores	Carpeta, Impresiones y Sobres A4, CD.	Varios	50,0
Sustentación																									Autores y Tribunal	Computadora , Proyector		000,0
																											TOTAL	1.300

8. Bibliografía

adoquinesconcre. (2016). Adoquines. *Consultado el 23 de diciembre de 2016. Disponible en:* http://adoquinesconcre.com/.

Avallone, E. A., & Baumeister, T. (1992). Manual del Ingeniero Mecánico. *9na.ed. México: McGraw-Hill, ISBN: 9789701006924*.

Berdugo, P. (2001). Materiales de construcción romanos. *Consultado el 20 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://html.rincondelvago.com/materiales-de-construccion-romanos.html.

BMC. (2016). Moledora mezcladora. *Consultado el 25 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://www.medikavital.com.mx/01-04/moledora-mezcladora/.

Calderín, R. (2015). Los adoquines de Escoria en San Juan. *Consultado el 23 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://edicionesdigitales.info/biblioteca/adoquinescalderin.pdf.

Corsi, L. (2012). Los adoquines de la gloria. *Diario Vasco, 24 de febrero de 2012*.

Faires, M. (2003). Diseño de Elementos de Máquinas *México: Limusa*.

Filamo, S. (2016). Mezcladoras. *Consultado el 20 de octubre de 2016. Disponible en:* http://www.filamos.es/maquinaria-de-construccion/mezcladoras/.

Frederick, S. (1992). Manual del Ingeniero Civil. *4ta.ed. México: McGraw-Hill*.

Godoy, C. P. C., & Mora, S. C. A. (2009). Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón. *Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica, Tesis de grado. Repositorio de la Biblioteca de la Universidad de Chimborazo.*

GPM. (2016a). Adoquines Decorativos De Color, Bordillos Prefabricados. *Estadística del Gobierno Provincial de Manabí. Consultado el 23 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410620653-adoquines-decorativos-de-color-bordillos-prefabricados-_JM.

GPM. (2016b). Información del Gobierno Provincial de Manabí. *Oficina del GPM, Entrevista con el Secretario de Desarrollo del Gobierno Provincial de Manabí*.

Hillemeier, B., & Neue, B. (2001). Innovationen aus der Mikrowelt. *Akademie-Journal*, 24-28.

Larburu, N. (2001). Máquinas. *Prontuario: técnicas, máquinas herramientas. 13ra.ed. Madrid: Paraninfo*.

Nexdu. (2016). Adoquines Del Austro. *Consultado el 23 de diciembre de 20016. Disponible en: https://*www.nexdu.com/ec/Adoquines-Del-Austro-Cuenca.

Nold, P., Löbe, R., & Eirich, G. (2015). La mezcla de hormigón: un reto constante. *Tecnología de Hormigón., Consultado el 15 de enero de 2017. Disponible en:* http://www.andece.org/andece/images/stories/pdfs/ARTCULO_TCNICO.pdf.

Prezi. (2016). Máquinas mezcladoras. *Consultado el 20 de octubre de 20016. Disponible en: https://prezi.com/h20ulvsvu7vp/elaboracion-de-maquina-mezcladora-de-cemento/*.

Romero, E. (2007). Residuos de construcción y demolición. *Consultado el 23 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf.

Sarralde. (2013). Roma – Curiosidades históricas interesantes para tu visita del gran anfiteatro del Coliseo. *Consultado el 20 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://guias-viajar.com/italia/roma/coliseo-romano-gran-anfiteatro-ciudad-antigua/.

SENPLADES. (2013). La planificación para el buen vivir. *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, Secretaría Nacsional de Planificación y Desarrollo. Ecuador*.

Silverson. (2016). Mezcladora de rotor y estator *Consultado el 25 de diciembre de 20016. Disponible en:* http://www.directindustry.es/prod/silverson-machines/product-15561-285092.html.

Anexos.

Anexo 1. Entrevista

UNIVERIDAD TECNICA DE MANABI

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ENTREVISTA A LOS PROPIETARIOS Y OPERADORES DE LAS MAQUINAS MESCLADORAS DE CONCRETO

Provincia:_____ Cantón:_____ Parroquia:_____Lugar:_____
Fecha:_____

1. ¿Qué tipo de producto usted ofrece?
    a) Bloque
    b) Adoquín
    c) Ladrillos
    d) Otros
2. ¿Conoce las características de su máquina mezcladora?
    a) Capacidad ( )
    b) Potencia ( )
    c) Velocidad de rotación ( )
    d) Tipo de trasmisión ( )
    e) Tipo de fuente energética ( )
    f) Consumo energético ( )
3. ¿Cuál es el proceso de operatividad que emplea en su equipo?
    a) _____
    b) _____
    c) _____
    d) _____
    e) _____
4. ¿según el proceso de producción cual es el tipo de material utiliza?
    a) _____
    b) _____
    c) _____
    d) _____
    e) _____
5. ¿Detalle de adquisición de equipo?
    a) Formas de adquisición de equipo.
        - Fabricación
        - Compra
        - Otros
    b) Lugar de operación
    c) Precio

Entrevistador: _____

Firma: _____

Anexo 2. Proforma

LA LLAVE

LA LLAVE S.A. DE COMERCIO
RUC 0990015295001

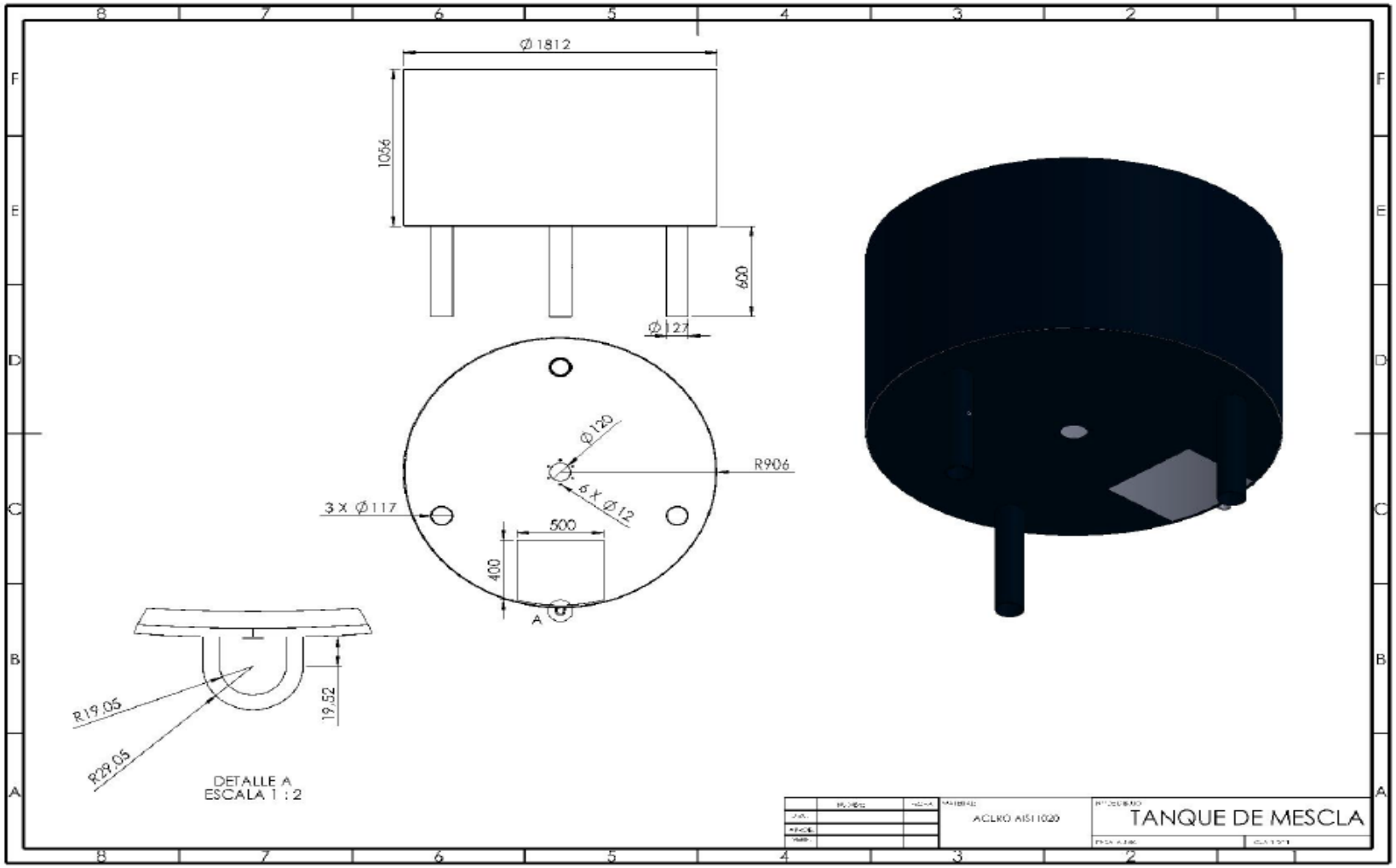
Teléfonos: (593) 04 268-2900
(593) 04 268-2900
Fax: (593) 04 223-5776

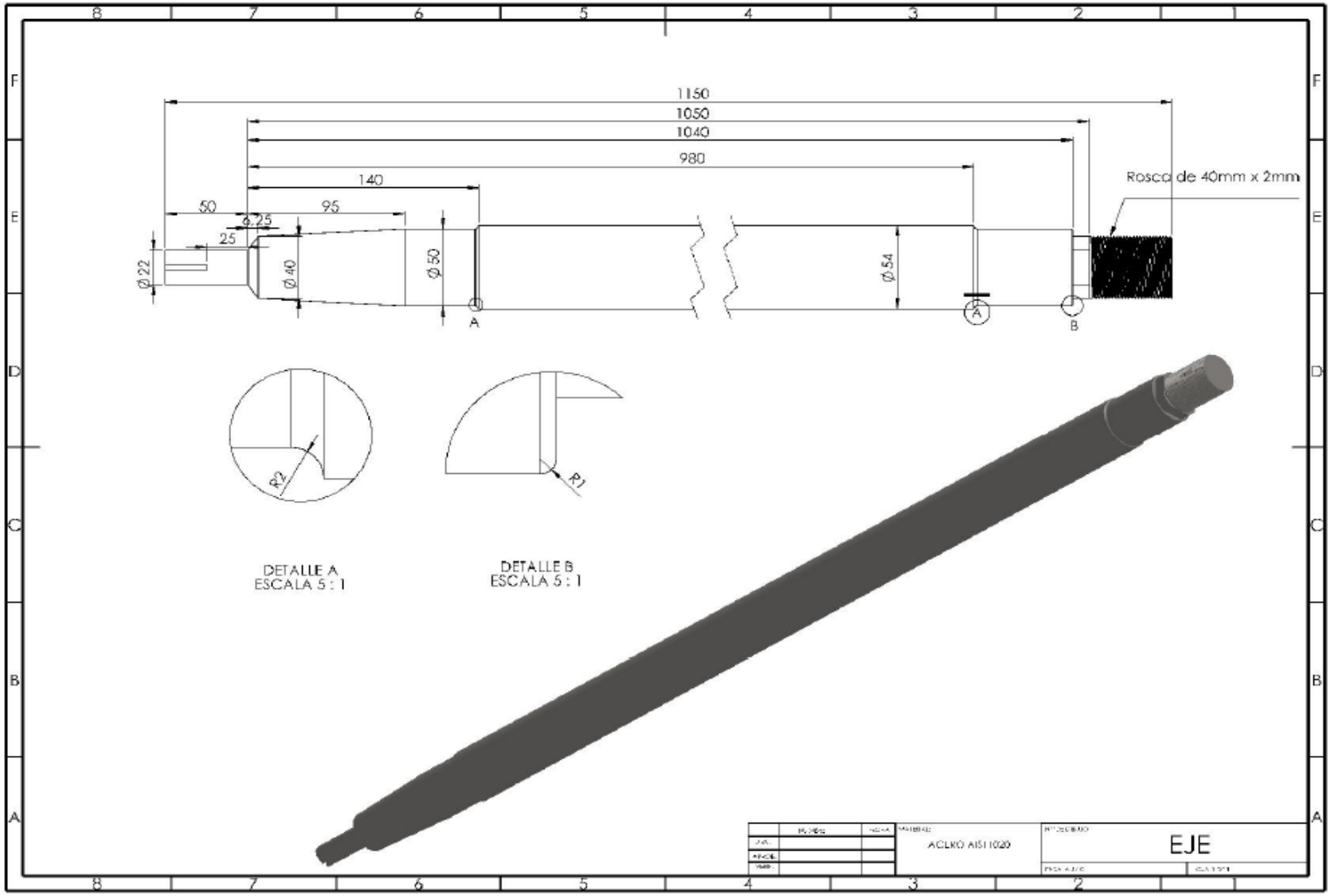
Av. Juan Tanca Marengo Km 2 1/2
Guayaquil - Ecuador
info@la-llave.com

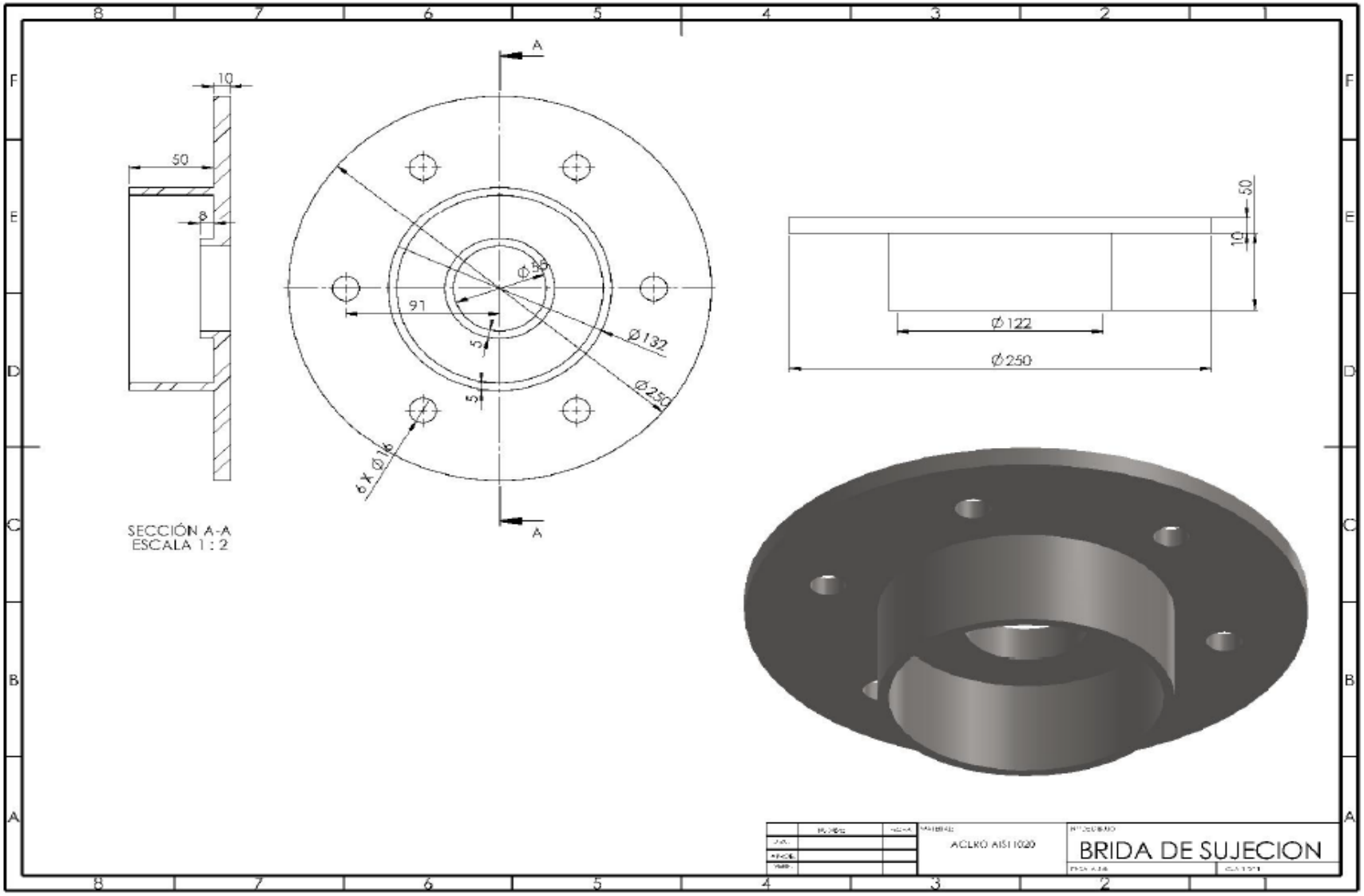
SEÑORES:	Carlos Luis Andrade Solórzano	COTIZACIÓN Nº LLE – 3292	
RUC	1313177097		
DIRECCIÓN:	Manabi, Portoviejo.	FECHA:	2017-02-13
ATENCIÓN:		VENDEDOR:	Luis Ortega
TELÉFONO:	0969649275	TELÉFONO:	2161
		EMAIL:	lortega@la-llave.com

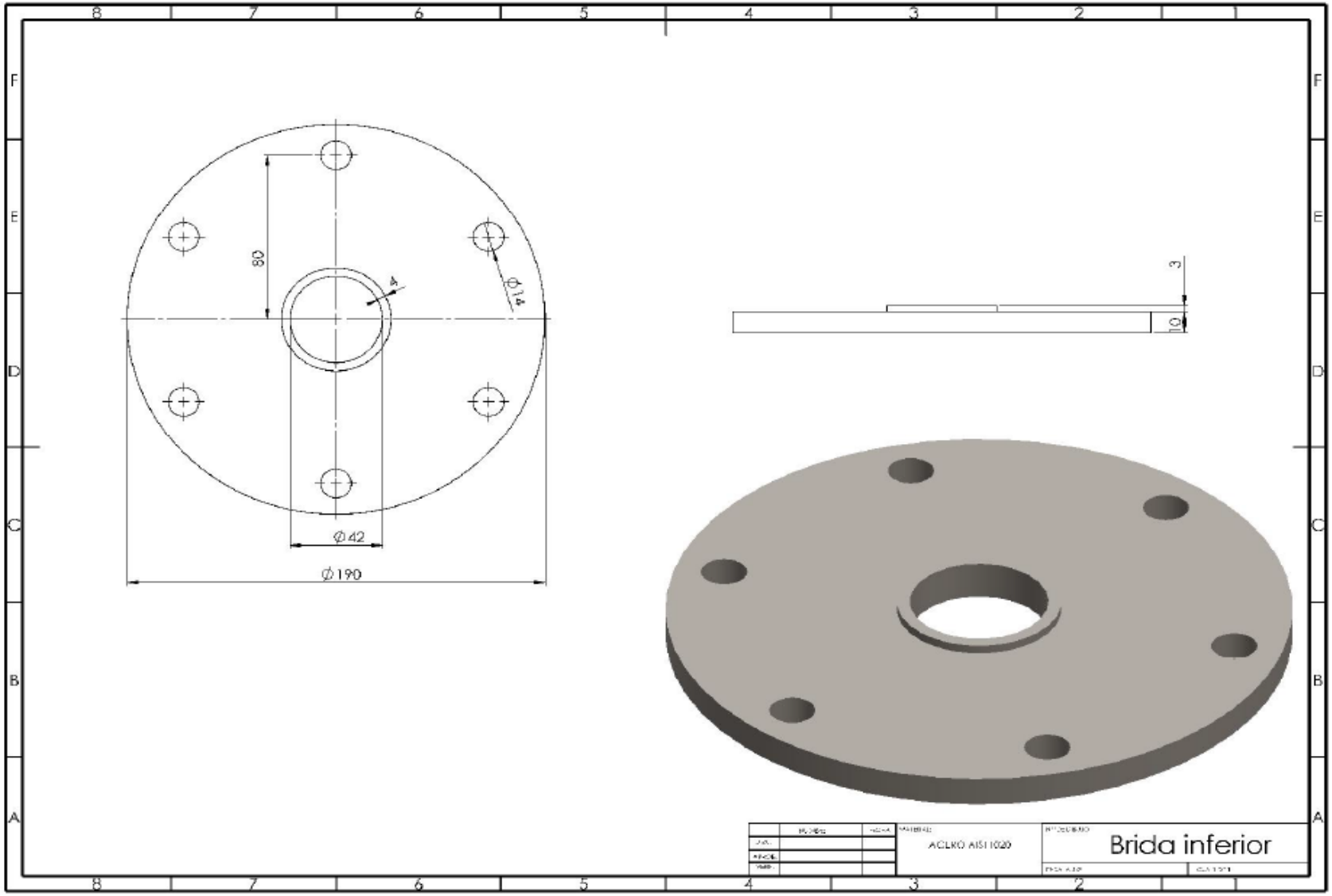
COD	CANT	UNI	DESCRIPCION	MARCA	PRECIO UNITARO	% DES	SUB TOTAL
35J5520M	1	UN	MOTOR 5HP MONOFAICO 1750 RPM	NEO	370,00	10,00	333,01
34J7550M	1	UN	MOTOR 5HP MONOFASICO 1750 RPM	WEG	700,00	10,00	630,00
26I7550M	1	UN	MOTOREDUCTOR 2,5HP TRIFASICO 1750 RPM A 37 RPM	US MOTOR	1260,00	10,00	468,00
14H556M	1	UN	POLEA REDUCTORA 50 A 1	MB	100,00	10,00	90,00
						TOTAL BRUTO	2430,00
						DESCUENTO	243
						SUBTOTAL	2187,00
						IVA 14,00%	306,18
						TOTAL	2493,18

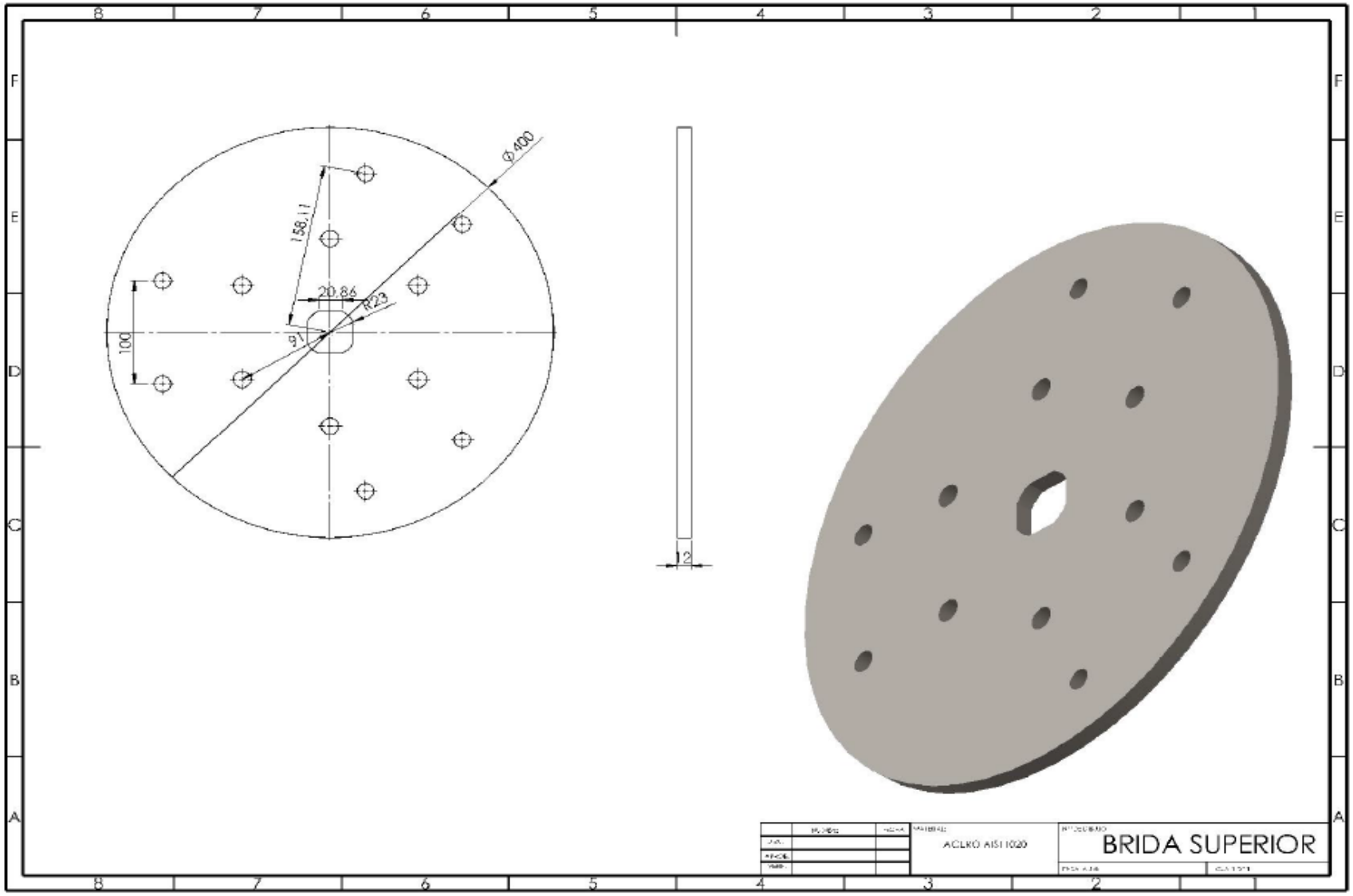
Anexo 3. Láminas de la Maquina Mescladora.

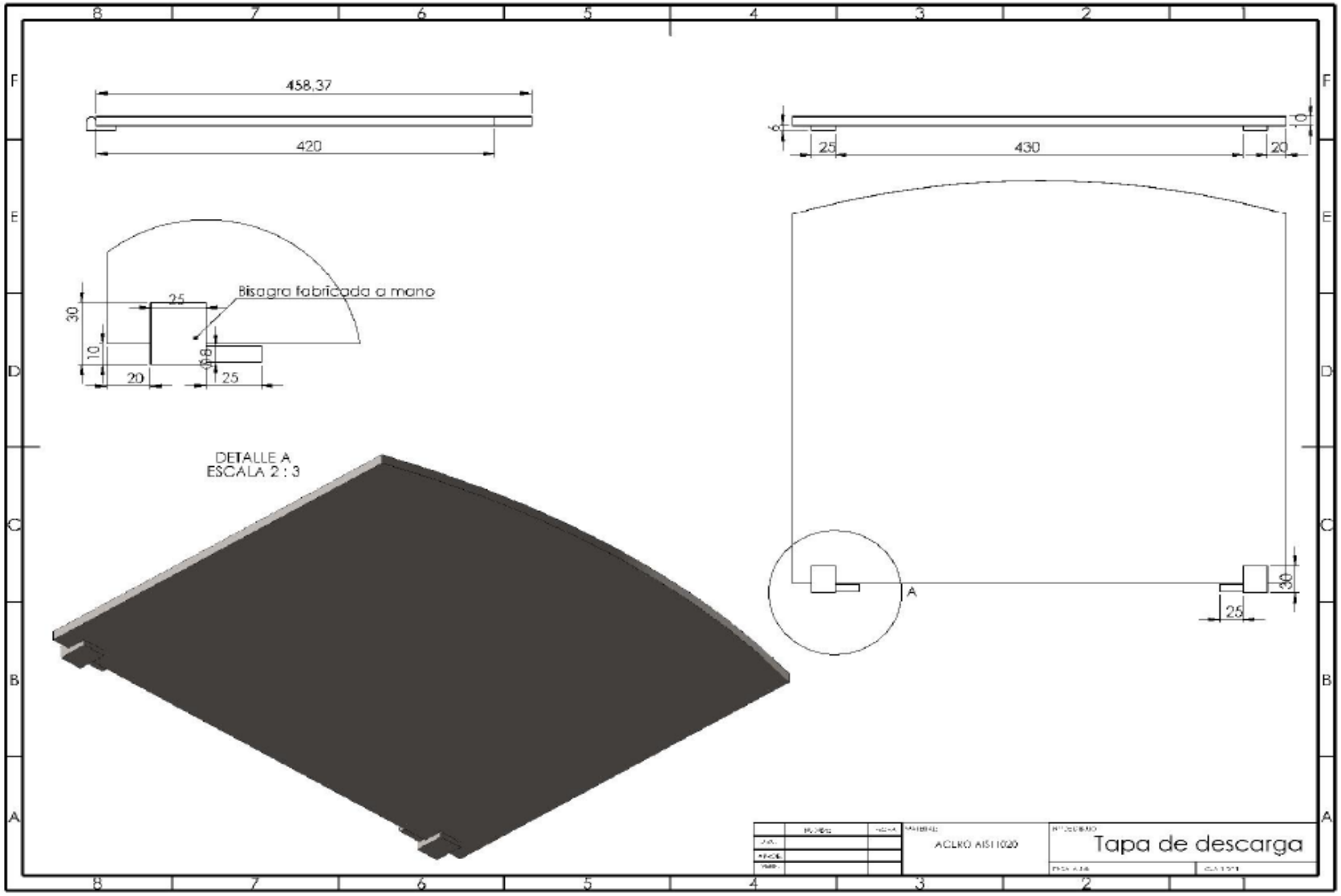



1150
1050
1040
980
140
50
95
25
Rosca de 40mm x 2mm
Ø22
Ø40
Ø50
Ø54
A
B
R2
R1
DETALLE A
ESCALA 5 : 1
DETALLE B
ESCALA 5 : 1
ACERO AISI 1020
EJE


10
50
8
A
A
91
5
5
Ø35
Ø132
Ø250
6 X Ø16
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2
50
10
Ø122
Ø250
ACERO AISI 1020
BRIDA DE SUJECION


80
4
⌀14
⌀42
⌀190
3
10
ACERO AISI 1020
Brida inferior


Ø400
158,11
20,86
R23
9,1
100
12
ACERO AISI 1020
BRIDA SUPERIOR


458,37
420
6
10
25
430
20
Bisagra fabricada a mano
30
25
10
6,8
20
25
DETALLE A
ESCALA 2 : 3
A
30
25
ACERO AISI 1020
Tapa de descarga

Anexo 4. Fábricas Estudiadas

Anexo 5. Evidencias de Toma de datos en las Fábricas.